



Universidad
Carlos III de Madrid

PROYECTO FIN DE CARRERA

Detección de Vehículos en Entornos Viarios

Autor: Sergio Sotillo Rábano

Tutor: Fernando García Fernández

Leganés, Octubre 2015

Índice General

1. Introducción	6
1.1.- Introducción.....	7
1.2.- Objetivos del trabajo.....	12
1.3.- Estructura de la memoria.....	13
2. Estado del arte	14
2.1.- El sistema de suspensión	16
2.2.- El sistema de dirección	17
2.3.- Los neumáticos y su adherencia al suelo.....	19
2.4.- Sistema de control de presión de neumáticos (TPMS)	20
2.5.- El sistema de frenado.....	21
2.6.- Sistema de frenado de emergencia	23
2.7.- Sistema de distribución electrónica de frenado	24
2.8.- Control de tracción	25
2.9.- Sistemas de control de estabilidad.....	26
2.10.- Asistente de arranque en pendiente	28
2.11.- Asistente de descenso	29
2.12.- Detector del ángulo muerto	29
2.13.- Cámaras para aumentar el campo de visión del conductor	32
2.14.- Avisador de cambio de carril.....	33
2.15.- Sistema de reconocimiento de señales de tráfico	34
2.16.- Advertencia de sentido contrario.....	35
2.17.- Limitador de velocidad.....	35
2.18.- Regulador activo de velocidad	37
2.19.- La iluminación.....	38
2.20.- Sistema de encendido automático de las luces	43
2.21.- Faros orientables.....	43
2.22.- Faros adaptables automáticos	44
2.23.- Sistemas de visión nocturna	45

2.24.- Sensor de lluvia	46
2.25.- Percepción de los alrededores del vehículo.....	47
2.26.- Reconocimiento nocturno de peatones.....	47
2.27.- Sistemas de reconocimiento de objetos.....	48
2.28.- Detección de sueño o falta de atención al volante	49
2.29.- Sistemas de ayuda al aparcamiento	51
2.30.- Sistemas de comunicación entre coches para aviso y alerta ..	53
2.31.- Integración de Smartphone en vehículos.....	57
3. Descripción de la arquitectura.....	60
3.1.- Componentes hardware	61
3.1.- Arquitectura software	65
4. Descripción del sistema propuesto	66
4.1.- Análisis de movimiento	67
4.1.1.- Obtener imagen a analizar.....	68
4.1.2.- Definir la región de interés.....	69
4.1.3.- Análisis de Lucas & Kanade	70
4.1.4.- Procesamiento de resultados de algoritmo Lucas&Kanade	71
4.1.5.- Análisis Haar-Like en cascada	73
4.1.6.- Ajustes a realizar para obtener los resultados esperados.....	75
4.1.7.- Resultado de detección de movimiento.....	78
4.2.- Diseño técnico de la aplicación	79
4.2.1.- Diagrama de flujo de la aplicación.....	79
4.2.2.- Estructura de código.....	80
4.2.3.- Relación entre librerías y diagrama de flujo de la aplicación	84
4.3.- Librerías para trabajar con otros dispositivos	85
5. Resultados, conclusiones y ampliaciones futuras	92
6. Presupuesto.....	94
7. Bibliografía	96

Índice de Figuras

Figura 1.1: Evolución de número de coches circulando en España.....	6
Figura 1.2: Número de víctimas según tipo de vía.....	9
Figura 1.3: Tendencia de número de fallecidos en accidentes de tráfico.....	10
Figura 1.4: Tendencia de número de heridos graves en accidentes de tráfico.....	10
Figura 2.1: Estructura de sistema de suspensión.....	15
Figura 2.2: Componentes del sistema de dirección.....	17
Figura 2.3: Códigos identificativos de características en neumáticos.....	18
Figura 2.4: Indicador de presión de los neumáticos.....	19
Figura 2.5: Componentes de sistema ABS.....	21
Figura 2.6: Detección de vehículos con AEB.....	23
Figura 2.7: Comparativa de distancia de frenado en vehículos con EBD y sin él.....	24
Figura 2.8: Funcionamiento de ESP en subvirajes y sobrevirajes.....	26
Figura 2.9: Sensor de ultrasonidos para evitar ángulos muertos.....	30
Figura 2.10: Indicador visual para advertir de presencia de objeto en ángulo muerto.....	31
Figura 2.11: Avisador de cambio de carril.....	32
Figura 2.12: Sistema de reconocimiento de señales de tráfico.....	33
Figura 2.13: Funcionamiento del limitador de velocidad activo.....	36
Figura 2.14: Funcionamiento de regulador activo de velocidad.....	37
Figura 2.15: Lámparas incandescentes.....	38
Figura 2.16: Lámparas halógenas.....	39
Figura 2.17: Lámparas de Xenón.....	39
Figura 2.18: Lámparas LED.....	40
Figura 2.19: Faros orientables.....	42
Figura 2.20: Faros adaptables automáticos.....	44
Figura 2.21: Proyección de imagen nocturna sobre pantalla en cuadro de Instrumentos.....	45
Figura 2.22: Reconocimiento nocturno de peatones.....	47
Figura 2.23: Detección de sueño por sensores en el volante.....	48
Figura 2.24: Detección de sueño por cámaras de reconocimiento facial.....	49
Figura 2.25: Intensidad de señal acústica en función de la distancia al objeto.....	50
Figura 2.26: Cámara trasera para ayuda a la maniobra de aparcamiento.....	51
Figura 2.27: Sistema de estacionamiento automático.....	52
Figura 2.28: Comunicación entre vehículos y entorno.....	53
Figura 2.29: Notificación de vehículo averiado en la vía.....	53
Figura 2.30: Sistema MyLink de Chevrolet.....	57
Figura 3.1: Vehículo IVVI 2.0.....	60
Figura 3.2: Interior de vehículo IVVI 2.0.....	61
Figura 3.3: Pantalla de visualización integrada en salpicadero en IVVI 2.0.....	61
Figura 3.4: Webcam Logitech QuickCam Express OEM.....	62
Figura 3.5: Pantalla de visualización Xenarc 7" 705YV.....	63
Figura 4.1: Región de interés a analizar.....	69

Figura 4.2: Puntos de interés en imágenes consecutivas.....	70
Figura 4.3: Ángulo e Hipotenusa de puntos en imágenes consecutivas	72
Figura 4.4: Resultado de análisis de Lucas & Kanade.....	73
Figura 4.5: Características de algoritmo de Haar-Like.....	74
Figura 4.6: Imagen transformada con brillo bajo y contraste elevado.....	76
Figura 4.7: Imagen transformada con brillo y contraste elevados.....	77
Figura 4.8: Resultado del sistema: círculo indica que hay adelantamiento.....	78
Figura 4.9: Diagrama de flujo de la aplicación.....	79
Figura 4.10: Diagrama de flujo de la aplicación y relación con librerías.....	84
Figura 4.11: Aplicación de prueba para mostrar lecturas de láser y GPS.....	89
Figura 4.12: Imagen con información de lectura de láser.....	90
Figura 4.13: Imagen con información de lectura de GPS.....	91

Capítulo 1

Introducción

1.1.- Introducción

Desde la aparición del automóvil a finales del siglo XIX, el uso del vehículo se ha ido extendiendo progresivamente. Especialmente a partir de la revolución industrial y la producción en serie en una cadena de montaje del mítico Ford T.

El uso del automóvil se ha extendido tanto en nuestra sociedad en los últimos años, que su uso se ha convertido en algo cotidiano en nuestras vidas, ya sea para ir a trabajar, a comprar, para llevar a los niños al colegio, etc... Se ha hecho tan imprescindible, que es prácticamente impensable que una familia no disponga de, al menos, un coche.

Por ejemplo, el siguiente gráfico muestra la evolución del número de coches circulando en España en los últimos años, donde puede verse que en el año 2013, en un país con 46,5 millones de habitantes existen cerca de 22,5 millones de coches. Redondeando las cifras, se puede decir que casi uno de cada dos españoles tiene un coche. Y en este gráfico no están contemplados otro tipo de vehículos, como pueden ser motocicletas, autobuses, etc...

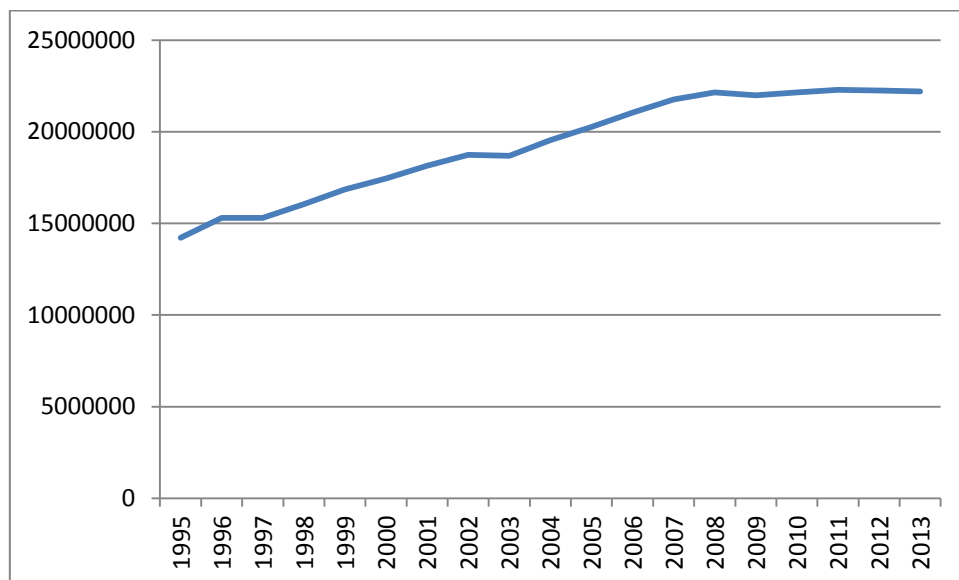


Figura 1.1: Evolución de número de coches circulando en España

Detección de vehículos en entornos viarios

Pero el aumento del número de automóviles genera fundamentalmente dos problemas:

- Contaminación y mala calidad del aire
- Incremento del número de accidentes de tráfico y de víctimas involucrados en los mismos.

Los vehículos contaminan y contribuyen a la mala calidad del aire de las ciudades, de hecho, la OMS ha estimado que en el año 2012, una de cada ocho muertes mundiales estuvo vinculada a esta causa.

Numerosos países han adoptado por ello diversas medidas e iniciativas para reducir la contaminación que provoca el tráfico y mejorar la calidad del aire:

- Restricciones al tráfico.
- Fomentar el uso del transporte público, y que estos sean menos contaminantes (híbridos o eléctricos).
- Reducción de la velocidad en las carreteras, sobre todo en cinturones periféricos.
- Favorecer el uso de la bicicleta en el centro urbano, bajando los precios en alquileres y adecuando la ciudad a los ciclistas.
- Más calles peatonales o de acceso restringido a residentes.
- Medidores en las zonas de mayor concentración de contaminación que ofrezcan datos fiables en los que basarse.
- Fomentar iniciativas para compartir vehículos privados o empresas dedicadas al car-sharing.
- Ayudas a la adquisición de vehículos eléctricos.

Por su parte, la industria automovilística se ha hecho partícipe de la sensibilidad por la ecología existente en nuestra sociedad, en parte por adaptación a la legislación vigente y en parte porque el argumento de coches menos contaminantes puede ser aprovechado como estrategia comercial.

Es por ello que cada vez se fabrican vehículos menos contaminantes y desde hace unos años se han comenzado a desarrollar vehículos híbridos (motores de gasolina y eléctricos).

Por otro lado, conducir un vehículo implica la posibilidad de sufrir un accidente. Es por ello que tanto los usuarios como la legislación demandan cada vez coches más seguros, y los fabricantes se adaptan a estas peticiones.

En marzo de 2010, la resolución 64/255 de la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el período 2011-2020 “Decenio de Acción para la Seguridad Vial” con el objetivo de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales por accidente de tráfico en todo el mundo, aumentando las actividades a nivel regional, nacional y mundial.

De los aspectos en los que esta resolución hace hincapié es en que los estados miembros lleven a cabo actividades en materia de Seguridad Vial, particularmente en los ámbitos de su gestión, la infraestructura viaria, la seguridad de los vehículos, el comportamiento de los usuarios de las vías, la educación para la Seguridad Vial y la atención después de los accidentes.

La evolución tecnológica de los sistemas de seguridad, aplicada al mundo del automóvil, ha sufrido una revolución en los últimos años, debido al desarrollo de la electrónica y los microprocesadores, haciendo que los antiguos sistemas mecánicos dejen paso a los sistemas de inyección controlados por centralitas electrónicas. De hecho, el funcionamiento de los coches modernos depende casi un 90% de la electrónica (en los modelos más recientes, ésta regula hasta la presión de los neumáticos).

Además, como veremos posteriormente, todo se mueve hacia una experiencia de conducción cada vez más pasiva, en el sentido de que los coches ya están comenzando a tomar decisiones en base a los sensores de movimiento que tienen instalados. Hoy ya existen modelos que reducen o detienen la marcha si detectan un peligro de colisión, que se aparcen solos e incluso pueden ver en la oscuridad gracias a un sistema de visión nocturna.

Este notable avance se ha producido tanto por el creciente interés por parte de los consumidores, que empiezan a percibir el problema de la Seguridad Vial como algo propio, como por el esfuerzo de los fabricantes, que desarrollan nuevos sistemas (también como estrategia de marketing) y, en determinados casos, por la obligatoriedad que marcan las leyes, reglamentos y directivas de los distintos países y de la Unión Europea.

Estas innovaciones van desde los sensores que detectan el peligro de colisión, los cinturones de seguridad activos y los airbags, hasta los sistemas de información que le permiten al conductor conocer qué sucede alrededor del vehículo únicamente mirando una pantalla en el parabrisas.

Como consecuencia, gracias a las medidas que se han tomado en los últimos años para disminuir el número de víctimas de accidentes de tráfico, dicho número se ha reducido considerablemente, pero a pesar de todas estas medidas sigue siendo demasiado elevado.

Detección de vehículos en entornos viarios

La siguiente tabla hace referencia al volumen de víctimas de accidentes de tráfico en España, distinguiendo por tipo de víctima (fallecidos, heridos graves y heridos leves) y tipo de vía donde se ha producido el accidente (vías interurbanas y vías urbanas).

Año	Total Víctimas			Muertos			Heridos Graves			Heridos Leves		
	Vías			Vías			Vías			Vías		
	Total	Interurbanas	Urbanas	Total	Interurbanas	Urbanas	Total	Interurbanas	Urbanas	Total	Interurbanas	Urbanas
1993	123.571	65.761	57.810	6.378	5.236	1.142	36.828	22.276	14.552	80.365	38.249	42.116
1994	119.331	62.050	57.281	5.615	4.514	1.101	33.991	20.389	13.602	79.725	37.147	42.578
1995	127.183	66.764	60.419	5.751	4.713	1.038	35.599	21.959	13.640	85.833	40.092	45.741
1996	129.640	66.718	62.922	5.483	4.464	1.019	33.899	20.680	13.219	90.258	41.574	48.684
1997	130.851	65.973	64.878	5.604	4.472	1.132	33.915	21.282	12.633	91.332	40.219	51.113
1998	147.334	77.679	69.655	5.957	4.811	1.146	34.664	22.905	11.759	106.713	49.963	56.750
1999	148.632	78.854	69.778	5.738	4.709	1.029	31.883	21.304	10.579	111.011	52.841	58.170
2000	155.557	79.057	76.500	5.776	4.706	1.070	27.764	18.524	9.240	122.017	55.827	66.190
2001	155.116	79.700	75.416	5.517	4.543	974	26.566	18.468	8.098	123.033	56.689	66.344
2002	152.264	78.517	73.747	5.347	4.435	912	26.156	18.225	7.931	120.761	55.857	64.904
2003	156.034	83.952	72.082	5.399	4.480	919	26.305	19.006	7.299	124.330	60.466	63.864
2004	143.124	74.931	68.193	4.741	3.841	900	21.805	14.631	7.174	116.578	56.459	60.119
2005	137.251	72.441	64.810	4.442	3.652	790	21.859	14.920	6.939	110.950	53.869	57.081
2006	147.554	80.436	67.118	4.104	3.367	737	21.382	14.763	6.619	122.068	62.306	59.762
2007	146.344	79.870	66.474	3.823	3.082	741	19.295	13.201	6.094	123.226	63.587	59.639
2008	134.047	69.765	64.282	3.100	2.466	634	16.488	11.077	5.411	114.459	56.222	58.237
2009	127.680	65.058	62.622	2.714	2.130	584	13.923	8.748	5.175	111.043	54.180	56.863
2010	122.823	61.817	61.006	2.478	1.928	550	11.995	7.642	4.353	108.350	52.247	56.103
2011	117.687	56.120	61.567	2.060	1.603	457	11.347	6.825	4.522	104.280	47.692	56.588
2012	117.793	55.422	62.371	1.903	1.442	461	10.444	6.044	4.400	105.446	47.936	57.510
2013	126.400	57.732	68.668	1.680	1.230	450	10.086	5.182	4.904	114.634	51.320	63.314

Figura 1.2: Número de víctimas según tipo de vía

De estos datos se pueden extraer principalmente dos conclusiones que nos interesan en base al objetivo del proyecto:

- En las vías interurbanas es donde se produce el mayor número de fallecidos y heridos graves en accidentes de circulación.
- El número de víctimas de este tipo se ha reducido progresivamente en los últimos años, especialmente en vías interurbanas. Esta reducción viene motivada por los factores que se comentaban al principio: mejora en las infraestructuras viales y renovación constante del parque de vehículos, con más y mejores sistemas de seguridad.

Detección de vehículos en entornos viarios

Los siguientes gráficos muestran como la tendencia de muertos y heridos graves respectivamente ha ido disminuyendo progresivamente en los últimos años:

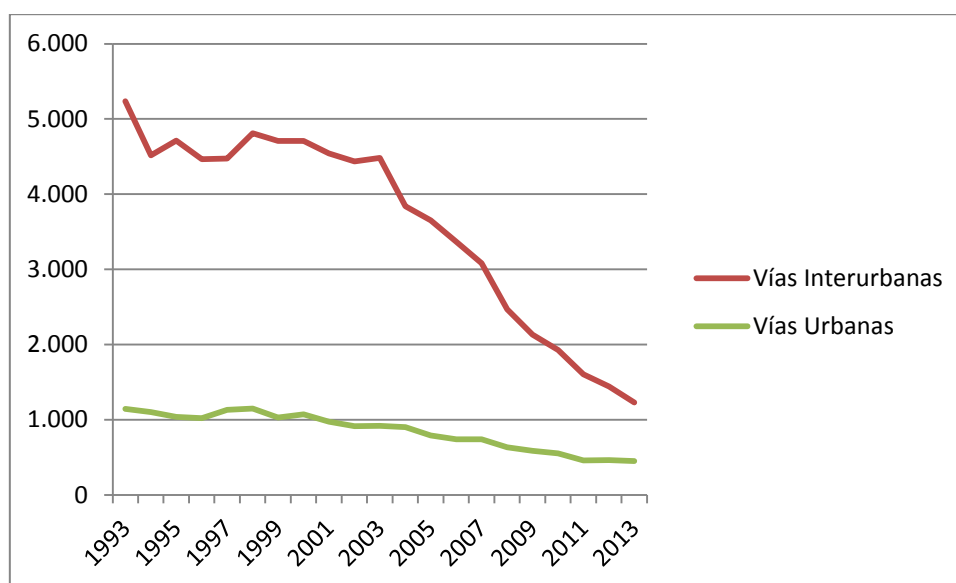


Figura 1.3: Tendencia de número de fallecidos en accidentes de tráfico

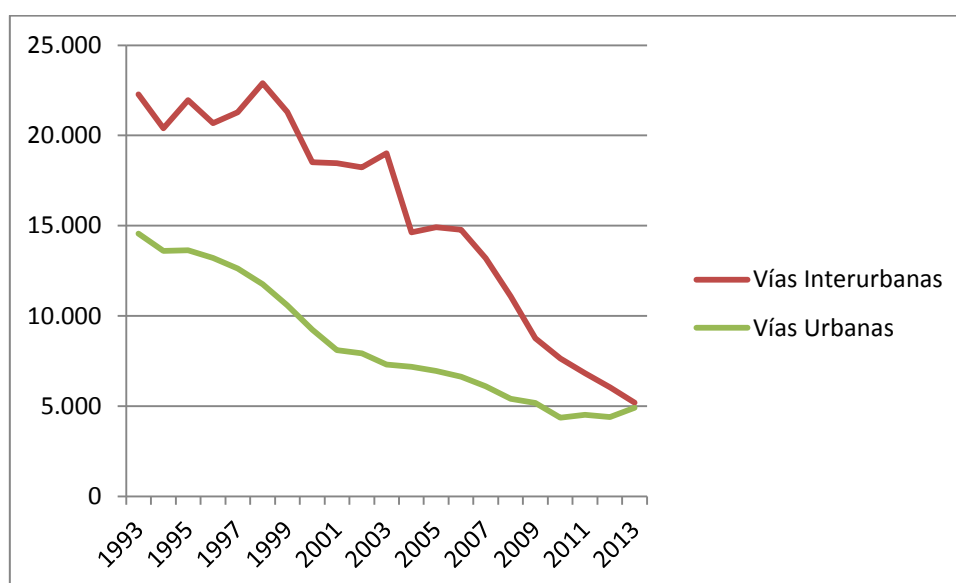


Figura 1.4: Tendencia de número de heridos graves en accidentes de tráfico

1.2.- Objetivos del trabajo

El objetivo del proyecto es crear un sistema que avise al conductor cuando un vehículo nos está adelantando, de forma que éste (el conductor) sea consciente de que no debería desplazarse al carril en el que se esté produciendo el adelantamiento. Para ello se va a emplear un **sistema de fusión sensorial** basado en **detección de vehículos** por un lado, y en **análisis de movimiento** por el otro.

Este proyecto parte de uno anterior, “Fusión sensorial para detección de adelantamientos de vehículos” en el que se realizó una primera aproximación al sistema objetivo.

La principal mejora introducida en este proyecto es la **estructuración, modulación y reorganización** del software, de forma que éste sea completamente escalable y pueda ser combinado fácilmente con otros sensores y sistemas para obtener una información más fiable y precisa.

Con este sistema se pretende que se reduzcan los accidentes por colisiones laterales, ya que cuando un vehículo que nos esté adelantando se encuentre en ángulo muerto, el sistema nos avisará de su presencia, lo que es realmente útil cuando el conductor va a realizar la maniobra de adelantamiento y en ese mismo instante está siendo adelantado por otro vehículo.

Esto puede ser especialmente útil en vías interurbanas, donde se producen la inmensa mayoría de víctimas mortales y heridos graves, reduciendo los accidentes por colisiones laterales, que es una de las principales causas de dichos accidentes.

Además, ofrecerá a las compañías que lo incluyan en sus vehículos un rasgo diferenciador, ya que como se comentaba anteriormente, la seguridad en los vehículos se está convirtiendo en uno de los principales aspectos que los fabricantes destacan a la hora de promocionar sus vehículos.

1.3.- Estructura de la memoria

El presente documento se estructura en siete capítulos:

1. Introducción, que incluye una breve explicación de los principales problemas surgidos a raíz del crecimiento del uso del automóvil, haciendo especial énfasis en el elevado número de accidentes y en la necesidad de mejorar los sistemas de seguridad de los vehículos.
2. Estado del arte, en el que se recopilan los principales sistemas de seguridad activa y ayuda a la conducción existentes en el mercado.
3. Descripción de la arquitectura, en el que se describen los componentes hardware y software que han servido de base a la aplicación.
4. Descripción de sistema propuesto. En este apartado se explica la reingeniería del software.
5. Resultados, conclusiones y posibles ampliaciones.
6. Presupuesto, incluyendo costes de material y de personal involucradas en el desarrollo del proyecto.
7. Referencias utilizadas para la elaboración del proyecto y de la memoria.

Capítulo 2

Estado del arte

Detección de vehículos en entornos viarios

Los fabricantes de automóviles han trabajado durante años para conseguir mejorar sus vehículos en materia de **seguridad vial**.

Cuando conducimos un vehículo, pensamos en la prevención como la mejor manera de evitar un accidente de tráfico. Por ejemplo, conducir a la velocidad permitida, respetar las señales de circulación, no realizar adelantamientos de riesgo o frenazos bruscos son algunas acciones que, como conductores preventivos, realizamos durante la conducción evitando en la medida de lo posible provocar o estar involucrados en un accidente de tráfico.

Aun así, la conducción es una actividad de alto riesgo que no sólo genera daños en el vehículo, también provoca heridas y fallecimientos de conductores, pasajeros y peatones. Por eso, los vehículos deben contar por un lado con sistemas encaminados a disminuir la posibilidad de que se produzcan accidentes, (seguridad activa) y por otro, con sistemas para que en caso de que se produzca el accidente, se minimicen las consecuencias del mismo (seguridad pasiva).

Los fabricantes emplean las nuevas tecnologías en función de las estadísticas sobre causas de accidentes de tráfico realizadas por organismos independientes. La finalidad última es mejorar la seguridad vial protegiendo la vida del conductor y los acompañantes. Pero cabe destacar que, por muchas novedades que introduzcan los fabricantes, la seguridad empieza en el propio conductor, en su forma de conducir y en el sentido común al volante.

Los elementos que forman parte de la seguridad activa y de ayuda a la conducción del vehículo son los encargados de mantener el control del mismo y realizar adecuadamente las acciones que realiza el conductor con el fin de evitar accidentes de tránsito.

Estos sistemas son muy numerosos y pueden ser mecánicos o electrónicos. A continuación se explican algunos de los más comunes y los más novedosos en el mercado.

2.1.- El sistema de suspensión

El sistema de suspensión es uno de los principales valores de la seguridad activa del automóvil. Está formado por varios **elementos elásticos** que conectan ruedas y ejes con las partes del vehículo que no tocan el suelo y por tanto quedan suspendidas. La misión de este sistema es **absorber las irregularidades** del terreno, **mantener el contacto** entre vehículo y suelo y **garantizar la comodidad y seguridad** de los ocupantes.



Figura 2.1: Estructura de sistema de suspensión

Un sistema de suspensión **mal cuidado** puede hacer que un automóvil **salga de la vía** por muy nuevos que estén los neumáticos que lleve.

Los componentes básicos del sistema de suspensión son el **muelle** y el **amortiguador**. Hay varios tipos, pero en esencia el funcionamiento es similar. Cuando la rueda choca contra una irregularidad del terreno, el muelle se comprime absorbiendo esa irregularidad. Al acabar de comprimirse, el muelle se expande asegurando el contacto del vehículo con el terreno. Cuando se expande del todo, vuelve a comprimirse...

Si el muelle trabajara de forma aislada, iría rebotando hasta disipar toda la energía acumulada, lo que ocasionaría un balanceo excesivo que resultaría muy incómodo para los ocupantes del vehículo. Para acabar con ese rebote del muelle se utiliza un amortiguador, que no es más que un tubo telescópico que se expande y se comprime a la vez que el muelle. Dentro del amortiguador hay al menos dos cámaras rellenas con un fluido (aceite o gas) y comunicadas por unos pequeños orificios. Con el movimiento del muelle, el fluido pasa de una cámara a otra lentamente, lo que ralentiza el rebote del muelle hasta hacerlo desaparecer.

Normalmente el desgaste del sistema no viene dado por la rotura de los muelles, que ocurre en contadas ocasiones, sino por el envejecimiento progresivo de los amortiguadores. Cuando los amortiguadores están gastados, el fluido pasa rápidamente de una cámara a otra, el muelle bota y rebota y el vehículo se convierte en una enorme pelota de tenis difícil de mantener en contacto con la vía.

Como el desgaste es progresivo, el conductor se va acostumbrando a la nueva forma de trabajar de su sistema de suspensión, de manera que aparentemente no nota nada. El grado de desgaste de la suspensión viene dado por el uso que se le dé al sistema.

No existe para el sistema de suspensión otro **mantenimiento** que la **revisión de los elementos** que lo componen para, cuando llega el momento, proceder a su sustitución.

2.2.- El sistema de dirección

El sistema de dirección tiene la misión de **orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor**. Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzo en la orientación de las ruedas (a estas ruedas se las llama "directrices"), el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples (coches antiguos), o de servomecanismo de asistencia (dirección asistida, en los vehículos actuales).

Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo junto con el sistema de frenos, ya que de estos elementos depende la seguridad de las personas, debe reunir una serie de cualidades que proporcionan al conductor, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción. Estas cualidades son las siguientes:

- Seguridad: depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados y del mantenimiento adecuado.
- Suavidad: se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase.
- La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar unos neumáticos inadecuados o mal inflados, por un "avance" o "salida" exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices y por estar el eje o el chasis deformado.
- Precisión: se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa.

Detección de vehículos en entornos viarios

La falta de precisión puede ser debida a las siguientes causas:

- Por excesivo juego en los órganos de dirección.
- Por alabeo de las ruedas, que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y que no debe de exceder de 2 a 3 mm.
- Por un desgaste desigual en los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas de reglaje.
- El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy, consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
- Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.
- Irreversibilidad: consiste en que el volante debe mandar el giro a las pero, por el contrario, las oscilaciones que toman estas, debido a las incidencias del terreno, no deben se transmitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeña.

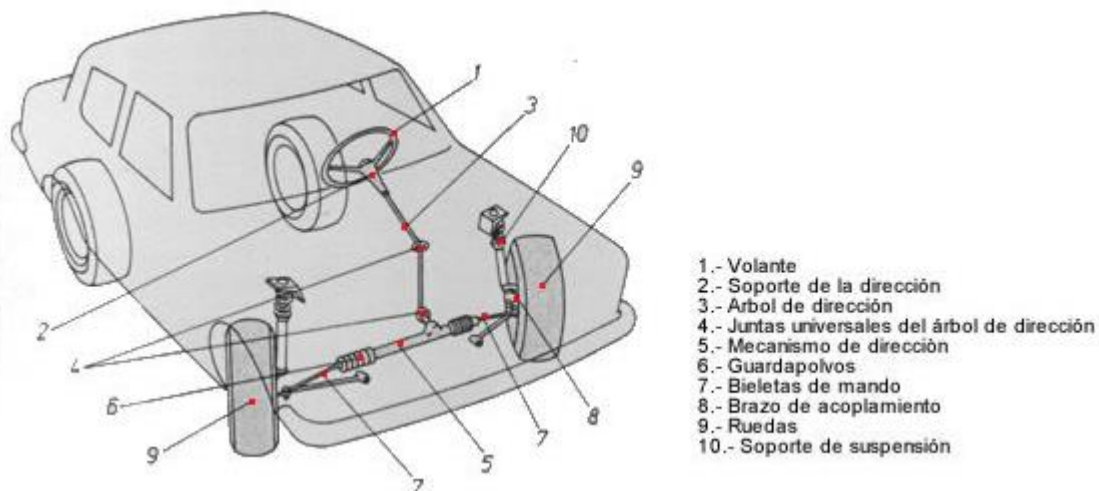


Figura 2.2: Componentes del sistema de dirección

2.3.- Los neumáticos y su adherencia al suelo

Los **neumáticos como elementos básicos de la seguridad activa de los automóviles, deben desarrollar y garantizar las máximas prestaciones posibles**. Esto requiere una amplia gama de condicionantes dinámicos en su diseño y construcción, debido a las exigencias de este componente en su servicio: capacidad de carga, elasticidad, amortiguación, estabilidad direccional y la máxima adherencia en tracción y frenado, además de proporcionar una resistencia a la rodadura mínima y una máxima duración al desgaste.

Todas estas prestaciones y requerimientos pueden resultar afectados y reducidos si los usuarios no mantienen los parámetros principales de diseño y construcción en lo referente a la correcta utilización de los mismos: presión de inflado, profundidad mínima de banda de rodadura, índices de carga y códigos de velocidad.

Para garantizar estos parámetros los neumáticos llevan grabados en relieve en los laterales, unos códigos con una serie de números y letras, mediante las cuales se puede identificar las características de mayor relevancia del neumático, como son sus dimensiones principales, características de construcción y requerimientos de utilización.



Figura 2.3: Códigos identificativos de características en neumáticos

2.4.- Sistema de control de presión de neumáticos (TPMS)

TPMS son las siglas de Tire-Pressure Monitoring System o *sistema de monitorización de la presión de los neumáticos*, aunque normalmente se le denomina *control de presión de los neumáticos*. **La función del TPMS es avisar al conductor de una pérdida de presión de inflado en los neumáticos.**

El neumático ha sido diseñado para funcionar a la presión que marca el fabricante. Con una presión de inflado incorrecta, aumenta el consumo de carburante, el desgaste de la cubierta es irregular, el vehículo pierde adherencia con el suelo (sobre todo sobre suelo mojado) aumentando la distancia de frenado y se corre el riesgo de perder estabilidad e incluso se puede reventar el neumático.

El TPMS avisa al conductor mediante señales luminosas y acústicas cuando la presión de inflado es demasiado baja en función de lo que se haya establecido en el sistema. Existen dos tipos de TPMS: **TPMS directo** y **TPMS indirecto**.



Figura 2.4: Indicador de presión de los neumáticos

No obstante, por muchas ayudas electrónicas que tengamos, no hay nada como la inspección mensual que debe realizar el conductor con el neumático en frío.

TPMS directo

En el TPMS directo, **un sensor colocado en cada rueda** mide la presión de inflado y transmite el dato a una centralita, que puede ofrecer el dato desglosado por cada neumático o bien un dato total, o simplemente puede avisar cuando los datos reales no cuadran con los que tiene programados.

Los sensores incorporan una pequeña batería que les da autonomía para funcionar sin depender de la energía del vehículo. Estos sensores pueden medir la presión y la temperatura del neumático, además de informar al sistema empleando ondas de baja frecuencia de su posición en el neumático y del estado de su batería. Al cambiar neumáticos o realizar cualquier otra operación de mantenimiento suele ser necesario volver a calibrar los sensores para evitar problemas de medición.

iTPMS, o TPMS indirecto

El iTPMS no emplea sensores físicos para determinar la presión de inflado de los neumáticos, sino que mide la presión de forma indirecta, a partir de la velocidad de giro de cada rueda además de otros valores que se obtienen de forma externa. Por ejemplo, los primeros iTPMS calculaban la presión a partir de la diferencia de diámetro que presenta un neumático desinflado frente a uno que se encuentra a presión correcta. Para estos cálculos se empleaban los sensores de giro del ABS.

La segunda generación de iTPMS empleaba técnicas de análisis de espectro mediante complejas aplicaciones informáticas que determinaban la relación entre las variaciones de frecuencia que experimentaba el neumático en función de la presión de inflado.

Hoy en día, el iTPMS suele estar integrado en la **centralita del ABS y el ESP**, y compara la velocidad de rotación de los neumáticos para determinar cuándo hay un error en la presión de inflado.

El iTPMS ofrece, por tanto, valores relativos, y ese es un problema inherente al sistema. No identifica más que de forma binaria que hay un problema. Además, en condiciones de baja adherencia puede dar mediciones erróneas si durante la marcha tenemos pérdidas de adherencia con el pavimento.

2.5.- El sistema de frenado

Su función es fundamental para la seguridad del conductor. Todos los sistemas de frenado actuales cuentan con circuitos independientes que permiten frenar con seguridad en caso de que alguno falle. Entre los mejores se encuentran los antibloqueo (ABS) que reducen la distancia de frenado manteniendo la capacidad de cambiar de dirección para evadir obstáculos, ya que no bloquean las ruedas.

Su principal función es **evitar que los neumáticos patinen durante una frenada fuerte**. Sucede que, sin ABS, una frenada fuerte puede implicar que el coeficiente de rozamiento entre el neumático y el asfalto (o la superficie que sea) sea inferior a la adherencia máxima.

Esto quiere decir que en ocasiones ejercemos tanta fuerza sobre el sistema, que directamente el freno bloquea la rueda y el neumático deja de rodar, deslizándose sobre la calzada. Para evitarlo, **el ABS detecta cuál de las ruedas está sufriendo deslizamiento y libera presión** del sistema de frenos. De este modo, los neumáticos siempre están en contacto con la calzada y la eficacia de la frenada es infinitamente mejor.

Detección de vehículos en entornos viarios

Sus componentes mecánicos básicos son una bomba y unos medidores de revoluciones de las ruedas. Al producirse una frenada brusca, si se van a bloquear una o más ruedas, los sensores detectarán que las revoluciones de estas ruedas han bajado de forma súbita. Esta caída de revoluciones es detectada por el ABS, que actúa sobre la bomba del circuito de frenos reduciendo la presión, lo que libera ligeramente los discos de las pastillas de freno. De esta forma se evita que las ruedas se bloqueen, pudiendo mantener el control del vehículo.

Una vez que los sensores detectan que las ruedas vuelven a girar a velocidad normal, se permite que el circuito vuelva a una presión máxima, permitiendo que la potencia de frenado sea la máxima posible. Esta operación se realiza varias decenas o cientos de veces por segundo, lo que posibilita que la capacidad de frenado sea la máxima posible sin llegar a bloquear las ruedas.

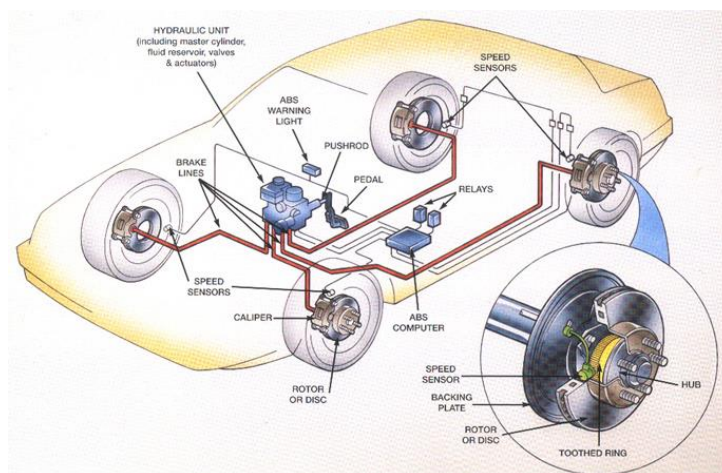


Figura 2.5: Componentes de sistema ABS

Aunque el ABS es un sistema indispensable hoy en día, hay algunas situaciones concretas donde es contraproducente ya que nos interesa que ante una frenada las ruedas se bloqueen ligeramente. Es el caso de la conducción en nieve donde el bloqueo de las ruedas hace que estas se hundan dentro de la nieve, lo que ejerce una mayor resistencia al rozamiento y reduce la distancia de frenado.

En estos casos el ABS puede alargar la frenada muchos metros poniéndonos en una situación peligrosa, ya que bloquear las ruedas en situaciones con poca adherencia es muy fácil y como el ABS lo trata de evitar a toda costa, reducirá tanto la presión del circuito de frenos que nos dejará casi sin frenos. Por desgracia la única forma de desconectar el ABS en coches modernos es retirar un fusible que controla el sistema, método que ni es cómodo ni está al alcance de todo el mundo.

2.6.- Sistema de frenado de emergencia

El **sistema de asistencia a la frenada de emergencia** o **BAS** se inventó como consecuencia de una serie de estudios que demostraban que la mayoría de conductores no pisaban el pedal del freno con la mayor fuerza posible ante un posible impacto, o no lo pisaban al máximo durante todo el tiempo, alargando la distancia de frenada.

Su funcionamiento es bastante sencillo de entender. En colaboración con el ABS, el sistema **detecta cuando estamos efectuando una frenada de emergencia** (por la velocidad en la que soltamos el acelerador para pisar a fondo el freno, por ejemplo), y **hace los cálculos necesarios para ejercer la mayor potencia de frenado posible** en cada momento. De esta manera, dicho dispositivo aumenta la presión de frenado consiguiendo reducir la distancia de frenado con la ayuda del conductor. Un conductor que presencie cómo en el coche de delante suyo se acciona el BAS, verá cómo los pilotos de freno se encienden intermitentemente.

Desde el punto de vista de su complejidad técnica, el sistema BAS es relativamente simple. Sus principales elementos son el sensor de velocidad o fuerza situado en el pedal del freno, la válvula que aumenta la presión en el circuito de frenos y la centralita electrónica que gestiona todo el sistema. Elementos que aportan seguridad en el automóvil y al mismo tiempo son complementados por otros. Por eso, muchos modelos de coches además de ir equipados con el asistente de frenado llevan también el sistema de frenos antibloqueo o ABS y la distribución electrónica de frenado o EBD.

El sistema de ayuda a la frenada BAS, una vez que identifica la situación de emergencia, activa una válvula electromecánica situada normalmente en el servofreno para incrementar la presión en el circuito hidráulico de frenos, presión que se transmite instantáneamente a las pastillas y discos de freno. Algunos sistemas BAS aplican directamente la máxima intensidad de frenada que el vehículo es capaz de proporcionar, mientras que otros son capaces de regularla de modo proporcional a la fuerza ejercida sobre el pedal del freno por el conductor.

Para evitar que el aumento brusco de la intensidad de la frenada produzca un repentino bloqueo de las ruedas, el sistema de ayuda a la frenada BAS **funciona de modo sincronizado con otro de los sistemas básicos de seguridad activa, como el sistema antibloqueo de frenos ABS**. Mientras que el primero aumenta rápidamente la presión en el circuito de frenos para conseguir la máxima intensidad de frenada, el segundo sistema la modula para evitar que se produzca el bloqueo de ruedas y la pérdida subsiguiente de control del vehículo. Por otro lado, si el conductor suelta exageradamente el pedal de freno dicho sistema interpreta que ha desaparecido la necesidad de frenar a fondo y se desconecta.

Este sistema pretende ser obligatorio en todos los vehículos nuevos de la Unión Europea a partir del 1 de noviembre de 2015.

Existe una versión mejorada, denominada **sistema de frenado de emergencia autónomo (AEB)**, cuya ventaja es que es capaz de reducir por sí solo la velocidad del vehículo tras detectar riesgo de colisión y sin la intervención del conductor.

Para ello, utiliza tecnología de radar para identificar los posibles obstáculos que tengamos delante. Dicha información se combina electrónicamente con la velocidad y trayectoria del vehículo. De esa manera, si una posible colisión es detectada, los sistemas de ayuda al frenado en general, en primer lugar tratan de evitar el impacto al advertir al conductor que es necesario actuar y en el caso de no tomarse medidas, el sistema aplicará los frenos.

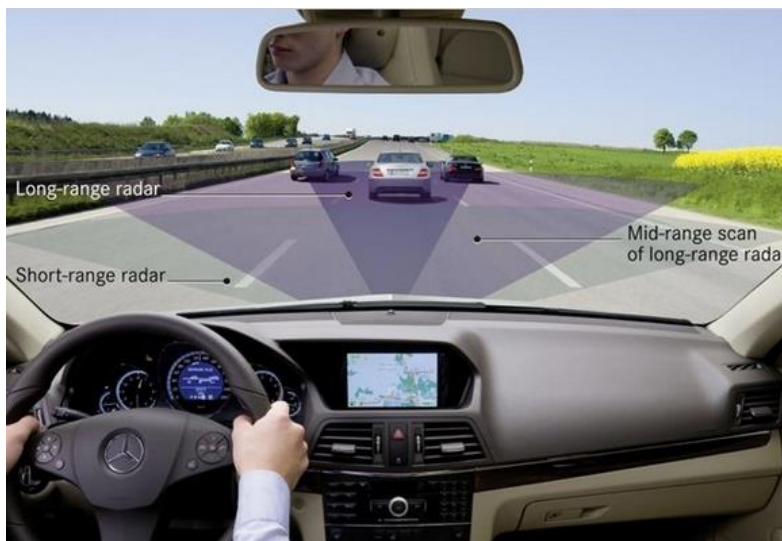


Figura 2.6: Detección de vehículos con AEB

2.7.- Sistema de distribución electrónica de frenado

El sistema de distribución electrónica de frenada, conocido por EBD o EBV es un **sistema electrónico de reparto de frenada que determina cuánta fuerza aplicar a cada rueda para detener al vehículo en una distancia mínima y sin que se des controle**. Se basa en el principio de que no todas las ruedas tienen que hacer el mismo esfuerzo para lograr frenar adecuadamente.

El sistema calcula si el reparto es adecuado a partir de los mismos sensores que el ABS. Ambos sistemas en conjunto actúan mejor que el ABS en solitario, ya que éste último regula la fuerza de frenado de cada rueda según si ésta se está bloqueando, mientras que el reparto electrónico reparte la fuerza de frenado entre los ejes, ayudando a que el freno de una rueda no se sobrecargue (esté continuamente bloqueando y desbloqueando) y el de otra quede infrautilizado.

Detección de vehículos en entornos viarios

El sistema EBD distribuye automáticamente la fuerza de frenado en las ruedas delanteras y traseras según el número de ocupantes y la distribución de la carga, optimizando el rendimiento de la frenada.

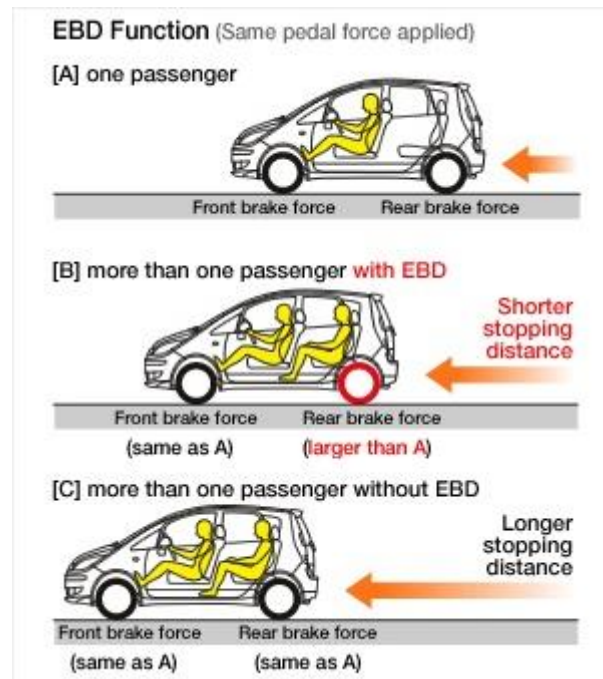


Figura 2.7: Comparativa de distancia de frenado en vehículos con EBD y sin él

2.8.- Control de tracción

Los sistemas de control de tracción ASR (Anti-Slip Regulation) o TCS (Traction Control System) tienen como finalidad principal el **evitar que las ruedas motrices patinen cuando iniciamos la marcha o bien en determinadas situaciones** (como curvas muy cerradas) en las que un exceso de potencia transmitida a la rueda puede provocar un deslizamiento del neumático. El control de tracción impide que las ruedas motrices patinen al arrancar o al conducir sobre firmes resbaladizos o de adherencia desigual como la arena o el hielo.

Cuando las ruedas patinan no pueden generar fuerza de propulsión ni mantener la estabilidad lateral. Por este motivo, al arrancar y acelerar sobre una superficie resbaladiza, el automóvil se desvía lateralmente y comienza a patinar.

De forma similar al sistema antibloqueo de los frenos (ABS), los sensores de las ruedas del ASR miden constantemente las revoluciones de las ruedas motrices y trasladan los valores medidos a una unidad de control electrónica. Cuando una de las ruedas gira a una velocidad muy por encima de la otra, ésta tiende a patinar. En ese momento, la bomba del ABS frena la rueda que gira a mayor velocidad hasta que las revoluciones en ambas ruedas son idénticas. Al mismo tiempo, y a través de la electrónica del motor, se reduce la potencia del mismo, de forma que no se pueda generar un mayor par motor en las ruedas motrices. En los vehículos convencionales, el ASR funciona de la misma forma independientemente de que dispongan de tracción delantera, trasera o integral.

2.9.- Sistemas de control de estabilidad

Este control de estabilidad, también conocido como ESP (Electronic Stability Program) **es uno de los avances en seguridad más eficaces de la historia**. Aporta una gran seguridad en situaciones de emergencia en las que el coche comienza a deslizarse sobre la calzada.

El ESP pretende **evitar todo tipo de derrape que nos haga perder el control del coche, para ello actúa de forma independiente sobre los frenos, pudiendo frenar ruedas de forma independiente**. El principal objetivo del ESP es que el coche siga la dirección marcada por el volante, para ello hace uso de una serie de elementos mecánicos entre los que se incluyen:

- Sensor de ángulo de dirección. Mide y reporta constantemente el ángulo de giro del volante.
- Sensor de velocidad de giro de la rueda. Este es el mismo sensor que utiliza el ABS y mide la velocidad de giro de la rueda para detectar derrapes, bloqueos, etc.
- Sensor de ángulo de giro y aceleración transversal. Este sensor es el más importante del sistema ESP ya que mide el desplazamiento lateral del vehículo y fuerzas que actúan sobre él. Gracias a este sensor se puede detectar el comienzo de un derrape y por consiguiente si el coche se está saliendo de la trayectoria deseada.

Al igual que pasaba con el ABS, el ESP realiza mediciones y cálculos cientos de veces por segundo, tomando datos de los sensores y realizando acciones de acuerdo con estos datos. Básicamente **el sistema detecta, de forma instantánea, cualquier diferencia de giro entre las ruedas del vehículo**. Al conocer con exactitud qué rueda está girando a diferente velocidad de las demás, el ESP conoce exactamente qué tipo de deslizamiento se está produciendo (subviraje o sobreviraje) y actúa frenando de forma selectiva las diferentes ruedas para reducir el deslizamiento y recuperar la trayectoria.

Detección de vehículos en entornos viarios

En los subvirajes el sistema frena sutilmente las ruedas traseras para que el coche recupere la capacidad de giro en las ruedas delanteras, mientras que en los sobrevirajes, uno de los momentos más complicados en la conducción, frena las ruedas delanteras y traseras de forma selectiva para evitar que el coche deslice de la parte trasera.



Figura 2.8: Funcionamiento de ESP en subvirajes y sobrevirajes

Los sistemas ESP más modernos no solo actúan sobre los frenos, sino que **también son capaces de controlar el par motor**, lo que ayuda a reducir la velocidad y en muchos casos neutralizar derrapes producidos por un exceso de potencia.

Todo este proceso tiene lugar en décimas de segundo e incluso, con los últimos avances, el conductor ni siquiera puede darse cuenta de ello. Con él, cualquier conductor, independientemente de su experiencia, puede conducir todo tipo de coche y potencia con total seguridad.

El ESP es otro programa englobado dentro de las ayudas electrónicas donde podemos englobar también el ABS o antibloqueo de frenos, y otros sistemas como el repartidor de frenada o el control de tracción. Todos ellos usan el mismo conjunto de sensores de velocidad de las ruedas y pulsadores de los frenos.

Desde el 31 de octubre de 2014, todos los coches nuevos que se matriculen, sin excepción, deben llevar integrado este sistema de seguridad activa.

2.10- Asistente de arranque en pendiente

El asistente de arranque en pendiente o **HAC** (siglas en inglés de *Hill-start Assist Control*) es **un sistema que impide que el coche retroceda en el lapso de tiempo que se produce mientras soltamos el freno y pisamos el embrague y el acelerador para salir desde posición de parado cuando nos encontramos en una pendiente.**

Esta maniobra puede ser muy complicada, sobre todo en coches con poco par motor a bajas vueltas, ya que debemos ser muy rápidos con los pies para que el vehículo no retroceda y podamos impactar a cualquier objeto o vehículo que se encuentre detrás de nosotros.

Algunos conductores optan por una solución no muy recomendable que consiste en ayudarse del freno de estacionamiento para arrancar en pendientes, pero debemos recordar que el freno de estacionamiento es un mecanismo muy frágil y susceptible de desgaste, por lo que esta técnica no es muy recomendable.

El asistente de arranque en pendiente pone fin a estos problemas ya que impide que el coche retroceda cuando tenemos una marcha engranada en una pendiente, haciendo mucho más fácil la maniobra.

El funcionamiento es muy simple y en él intervienen los sensores de aceleración longitudinales y el sistema de frenos. Si los sensores detectan cierta inclinación con el vehículo parado y con una marcha engranada, **la centralita ordena al sistema de frenos que mantenga la presión aunque se libere el pedal** para poder realizar correctamente el juego de pedales embrague-acelerador.

Cuando el vehículo comienza a moverse la centralita libera el freno de forma progresiva permitiendo un arranque suave. La principal ventaja de la mayoría de asistentes de arranque en pendiente es que no requieren de ninguna intervención especial por parte del conductor, lo que hace que su utilización sea muy cómoda.

El único problema de este sistema es que es difícil de calibrar para que funcione de forma correcta en cualquier condición, por lo que en pendientes muy pronunciadas probablemente tendremos que acelerar más de lo normal para que el coche comience a moverse. De cualquier forma, estamos hablando de un sistema que se está equipando de forma masiva desde hace muy poco tiempo, por lo que es de suponer que aún dispone de margen de mejora.

2.11.- Asistente de descenso

El asistente de descenso es un sistema que **permite afrontar pendientes con un ángulo muy acusado de una forma segura, manteniendo una velocidad baja**. En conducción *off-road* es muy común tener que atacar descensos muy pronunciados en los que el freno motor del coche no permite mantener una velocidad suficientemente baja y el uso de los frenos puede hacer que perdamos el control del vehículo.

En estos casos el asistente de control de descenso actúa sobre los frenos de forma independiente desde el principio del descenso, manteniendo una velocidad constante y permitiendo al conductor usar la dirección.

Este sistema se ha popularizado en los últimos años gracias a la generalización de otros sistemas electrónicos como el ABS o el ESP, que incorporan todos los elementos mecánicos y electrónicos necesarios para hacer funcionar el asistente de descenso, precisando una mínima inversión para incorporar este sistema en vehículos todoterrenos.

2.12.- Detector del ángulo muerto

Cuando conducimos la visibilidad es un aspecto fundamental para poder realizar o no las diferentes maniobras que la conducción conlleva. En aquellas situaciones donde la visibilidad falla es cuando aparece un riesgo más o menos preocupante, en particular cuando de lo que se trata es de ver hacia atrás.

Los **espejos retrovisores** facilitan ver cierta área detrás de nuestra espalda, pero no permiten verlo todo. Hoy en día casi todos los coches montan espejos con cierta curvatura (convexos), para mejorar un poco el ángulo de visión y abarcar más campo visual, permitiendo ver un poco más, y reduciendo todo lo posible el ángulo muerto, pero éste no desaparece del todo.

Es por eso que los fabricantes y técnicos no han parado de dar vueltas a los **sistemas para evitar el ángulo muerto de los espejos**.

Una evolución muy ingeniosa del espejo curvado convexo es el espejo de Hicks. Este matemático inventó un espejo con multicurvatura, pero apenas deformación de la imagen, que llega a cubrir un ángulo de visión de 45 grados.

Pero los espejos siguen resultando incómodos. De hecho, desde hace más de medio siglo, cuando la televisión (y el vídeo y las cámaras) comenzó su auge, los diseñadores de automóviles han soñado con tener pantallas dentro del coche y cámaras que permitan ver lo que el conductor no alcance a ver. Pero por cuestión de costes, por fiabilidad técnica, o por cuestión de reglamentación y homologación, lo cierto es que las **cámaras retrovisores**, en sustitución de los espejos retrovisores, por ahora son solo un elemento de prototipos y *concept cars*.

Mientras tanto, y sin eliminar los espejos retrovisores, la tecnología nos permite tener sistemas que complementen y nos ayuden a evitar el ángulo muerto.

Los sistemas de detección de ángulo muerto suelen denominarse en inglés BLIS, por *Blind Spot Information System* (sistema de información de punto ciego). Consisten básicamente en un elemento electrónico que “ve” lo que el espejo no es capaz de “ver”, y una unidad de procesamiento que actúa en consecuencia emitiendo una alerta al conductor.

A día de hoy se recurre a tres sistemas “para ver”:

- **Cámaras de vídeo**

Estas pequeñas cámaras de vídeo pueden ir colocadas en el propio espejo retrovisor, por ejemplo en el brazo de soporte del mismo, y están orientadas hacia atrás, con cierto ángulo, para cubrir la zona del ángulo muerto. Este es por ejemplo el primer sistema de Volvo.

Más recientemente también se puede utilizar una cámara de visión trasera colocada en el portón del maletero, provista de un gran angular, que permite cubrir una gran anchura posterior.

“Lo que ven” estas cámaras es procesado con un programa de reconocimiento de imágenes, pero no necesariamente se muestra en una pantalla a color dentro del coche, aunque se podría, y en algunos modelos se hace.

- **Radar**

Otra opción es montar un radar trasero en el paragolpes posterior, o bien dos pequeños radares en ambas “esquinas” del paragolpes, para cubrir el ángulo muerto. Las ondas de radio que emite el radar rebotan en los vehículos que se acercan, y así se detectan. El radar puede tener bastante alcance, desde unos 10 metros hasta más de 100.

- **Sensores de ultrasonidos**

Aunque los sensores de ultrasonidos suelen tener un alcance más bien corto, y se utilizan por ejemplo para ayudar a aparcar, también hay sensores con más alcance, que pueden cubrir esos aproximadamente 10 metros hacia atrás. Los sensores pueden ir colocados en los espejos retrovisores, o bien en las esquinas de los paragolpes, tanto delanteros como traseros, para cubrir más superficie.

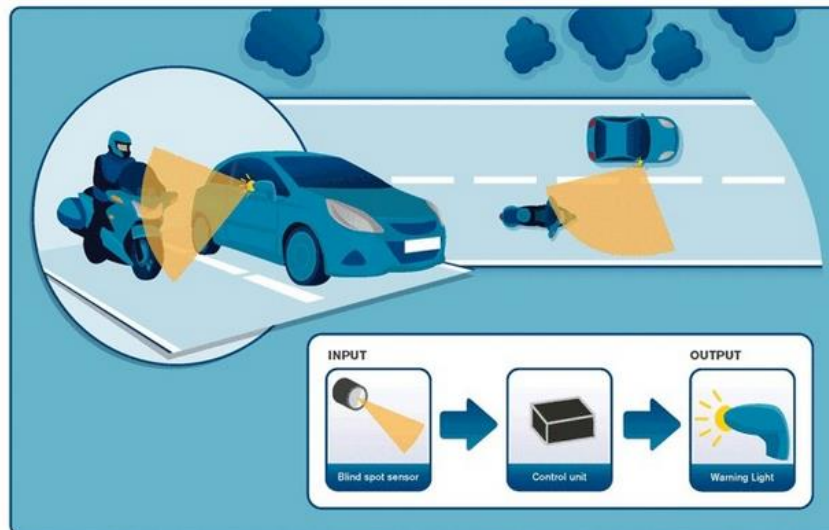


Figura 2.9: Sensor de ultrasonidos para evitar ángulos muertos

Dependiendo del sistema, y de cada fabricante, o de cómo decida configurarlo el conductor a su gusto, el **sistema puede advertir de que hay un vehículo en el ángulo muerto hasta de tres maneras diferentes:**

- Mediante una **luz de advertencia**. Esta suele ser un LED de color naranja (amarillo auto), que está, o bien en el interior del coche en el área de sujeción del espejo retrovisor, en la carcasa del espejo retrovisor, o en el propio espejo retrovisor. Cuando se detecta un vehículo en movimiento se enciende la luz, de manera fija, o parpadeante.
- Algunos sistemas suelen también advertir al conductor con una **señal acústica**, normalmente un pequeño pitido, si hay un vehículo en el ángulo muerto. Según la marca pueden hacerlo siempre, o solo si el conductor ha puesto el intermitente (luz indicadora de dirección) con la intención de cambiar de carril o girar.
- Y por último algunos sistemas también pueden recurrir a la **vibración**, ya sea en el volante, en el asiento (menos habitual) o en el cinturón de seguridad, para llamar la atención del conductor. La vibración por ahora se emplea poco.



Figura 2.10: Indicador visual para advertir de presencia de objeto en ángulo muerto

2.13.- Cámaras para aumentar el campo de visión del conductor

En relación con la detección de ángulos muertos explicada anteriormente y con los sistemas de ayuda al aparcamiento que se verán posteriormente, un sistema que se está haciendo muy popular es la **cámara de visión para marcha atrás**. Es un sistema muy sencillo, una cámara colocada en el portón del maletero, encima de la matrícula, disimulada a la vista, enfoca hacia atrás, y permite ver las imágenes en la pantalla a color del sistema de navegación de la consola central.

Lo bueno de esta cámara es que podemos ver cosas pequeñas (y como no, también niños pequeños) que podrían quedar ocultos por debajo de la línea de la luneta trasera, y que podrían escapar de la visión de los espejos retrovisores exteriores.

La evolución de este sistema son las **cámaras de visión lateral**, colocadas en las esquinas del parachoques delantero, y que permiten ver hacia la derecha y hacia la izquierda en cruces en los que el conductor (en algunos casos un metro y medio o dos por detrás del paragolpes) no tiene suficiente visibilidad.

2.14.- Avisador de cambio de carril

El avisador de cambio de carril, también conocido como LDW, *Lane Departure Warning* **avisa al conductor cuando éste, de forma inadvertida, se sale de la trayectoria del carril por el que circula e invade un carril adyacente.**

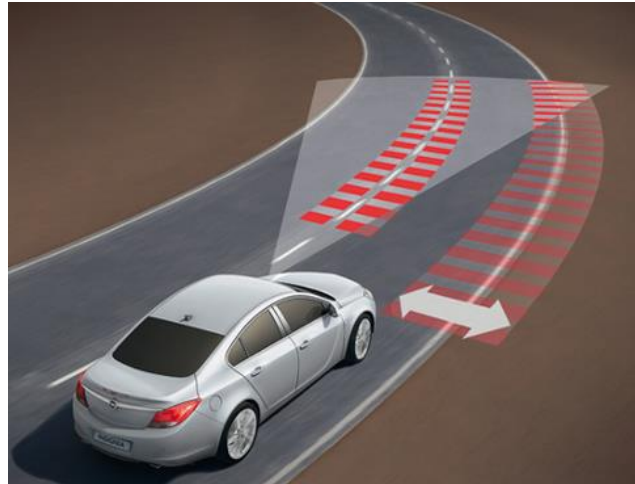


Figura 2.11: Avisador de cambio de carril

Se trata de un sistema evolucionado del sistema de detección de ángulo muerto. Funciona de manera análoga (con los mismos componentes), pero el campo de visión hacia atrás es mayor, cubriéndose perfectamente una anchura de un carril a cada lado del coche, y hasta unos 50 o 60 metros de distancia hacia atrás como mínimo.

Los más avanzados son capaces incluso de **actuar sobre la dirección de forma autónoma para corregir la trayectoria** (este tipo de sistemas se engloban bajo la denominación LKS, *Lane Keeping System*). De forma adicional, el LKS suele incorporar algún tipo de aviso que alerta al conductor cuando no tiene puestas las manos en el volante, con el fin de evitar usos fraudulentos del sistema.

Sin embargo estos sistemas pecan al igual que otros sistemas de seguridad activa con un tiempo de vida muy corto de cierta inconsistencia en su funcionamiento. Ya sea por la dificultad en detectar las marcas viales o por la dificultad de calibración, lo cierto es que aún no son sistemas lo suficientemente fiables.

2.15.- Sistema de reconocimiento de señales de tráfico

Se trata de un sistema relativamente nuevo y muy útil, que puede actuar en combinación de otros sistemas del coche y que nos proporciona seguridad porque actúa como un observador incansable de nuestro entorno.

En principio **este sistema es un avisador automático** de los límites de velocidad, señales de prohibición, y también puede ser un avisador para cuando nos cambiamos de carril involuntariamente (depende del sistema implementado).

La solución para detectar y reconocer las señales pasa por el uso de cámaras de vídeo principalmente (normalmente ubicada cerca del espejo retrovisor interior), y presentar al conductor los datos en tiempo real (en una pantalla del cuadro de instrumentos o en el sistema de información proyectada en el parabrisas), de forma que si éste se despista y se pierde alguna señal, en el salpicadero podrá consultar las limitaciones existentes en el tramo.



Figura 2.12: Sistema de reconocimiento de señales de tráfico

No significa que con este sistema el conductor vaya a permitirse el despiste, sino que actúa a modo de recordatorio activo, contribuyendo así a mejorar la seguridad vial propia y del resto de conductores.

2.16.- Advertencia de sentido contrario

Aunque parezca extraño, cada año se dan muchos casos de conductores que, por despiste, por mala visibilidad o sobre todo por no estar en condiciones para conducir, circulan en sentido contrario al de circulación, en autovías y autopistas (en Alemania por ejemplo se dan unos 1.800 casos al año).

Este mecanismo utiliza el sistema de GPS del coche para identificar si el conductor está a punto de incorporarse a una carretera en sentido contrario, y avisarle de ello con una alarma sonora y visual (en la pantalla del navegador). También se está contemplando la posibilidad de complementar el sistema con la cámara de reconocimiento de señales.

Además de la alarma para el propio conductor, manda un aviso a los coches que estén cerca (en un radio de 600 m) que estén provistos de un sistema de comunicación, y también manda un aviso a una central de tráfico, que pueda notificar el riesgo a todos los conductores de la carretera, mediante sistema de radio, o mediante paneles digitales de información (si existe la infraestructura necesaria).

2.17.- Limitador de velocidad

El limitador de velocidad es un sistema que **permite al conductor establecer una velocidad máxima a la que desea circular**. Se diferencia del regulador y del control de crucero porque no obliga a circular siempre a dicha velocidad sino que sólo actúa cuando el conductor rebasa el umbral establecido. Cuando esto ocurre, el sistema avisa con señales acústicas y luminosas.

Es un dispositivo que lo traen de serie algunos automóviles así como aquellos que en materia de transporte están obligados a su instalación y uso, como es el caso de los vehículos para transporte de pasajeros con más de ocho asientos además del conductor y que no excedan el peso máximo de cinco toneladas, y también los vehículos de transporte de mercancías con un peso máximo que exceda de los 3.500 kg.

Los primeros limitadores de velocidad aplicados en los automóviles nacen como un invento estadounidense (por sus carreteras con interminables rectas y estrictos controles de velocidad) para ayudar a sus conductores a controlar la presión que se ejerce sobre el pedal del acelerador y para no tener que estar constantemente observando el velocímetro. Eran los limitadores mecánicos, pero desde la llegada de la electrónica, el control se realiza por medios de este tipo, encontrándose los mandos de dicho dispositivo generalmente en el volante o en un lugar próximo y viéndose reflejado su funcionamiento en el tablero de instrumentos mediante un testigo que avisa al conductor.

El **limitador de velocidad pasivo es meramente informativo** mientras se conduce y nos evita tener que mirar constantemente el velocímetro del coche. **Sin embargo, el activo impide superar la velocidad establecida** mientras lo decida así su conductor o se interrumpa tras una maniobra de emergencia. De hecho, la persona que va al mando del vehículo podrá desactivar el limitador si supera la velocidad programada y activarlo nuevamente cuando la velocidad desciende de nuevo por debajo del límite indicado.

En España, desde el año 2001, en la fabricación de vehículos incorporan los limitadores de velocidad de serie.

Como ventajas cabe destacar:

- Su utilidad para trayectos largos con poco tráfico, pues el desgaste por parte del conductor es menor.
- Algunos conductores lo usan para no violar de forma inconsciente el límite de velocidad, disminuyendo el riesgo de ser multado. Hay que hacer notar al respecto que el vehículo, en tramos cuesta abajo, puede incrementar su velocidad más allá de la configurada en el control en pendientes pronunciadas.
- Una conducción regular evitando frenazos y acelerones disminuye el consumo y en consecuencia el gasto.

Por otro lado, el control de velocidad también puede jugar un papel perjudicial dando pie a accidentes:

- La falta de necesidad de mantener el pie presionando el acelerador puede desembocar en accidentes debido a la denominada hipnosis de la autopista o conductores incapacitados.
- Si se usa en condiciones climatológicas desfavorables, con la calzada mojada o con nieve, el vehículo podría patinar si no cuenta con control de estabilidad, ya que al pisar el freno bajo estas circunstancias para desactivar el control de velocidad puede ocasionar la pérdida de control sobre el vehículo.

Su funcionamiento se basa en controlar el flujo de combustible con que se alimenta el motor con el fin de que no se supere una determinada velocidad.



Figura 2.13: Funcionamiento del limitador de velocidad activo

2.18.- Regulador activo de velocidad

Con las siglas ACC (Adaptative Cruise Control) se conoce al regulador activo de velocidad, normalmente denominado control de crucero adaptativo.

El ACC es un elemento de seguridad complementario al limitador de velocidad y más moderno, ya que además de permitir al conductor mantener una velocidad constante, también puede **regular de manera activa y de forma inteligente el control de velocidad adaptándola a las situaciones reales sobre el tráfico**. Con el ACC se regula la velocidad para mantener una adecuada distancia de seguridad con el vehículo que nos precede

A través de señales de radar emitidas por el vehículo detecta y avisa sobre la presencia de otros vehículos u obstáculos en la carretera, reaccionando de forma automática ante los mismos para evitar un posible alcance.

Después de pasar el obstáculo, el vehículo retornará a la aceleración hasta situarse a la velocidad predefinida, pudiéndose desconectar bien por el conductor o bien automáticamente y en todo caso, cuando el pedal de freno sea pisado, con el botón 'Off' del panel de instrumentos, o cuando el vehículo circule a menos velocidad.

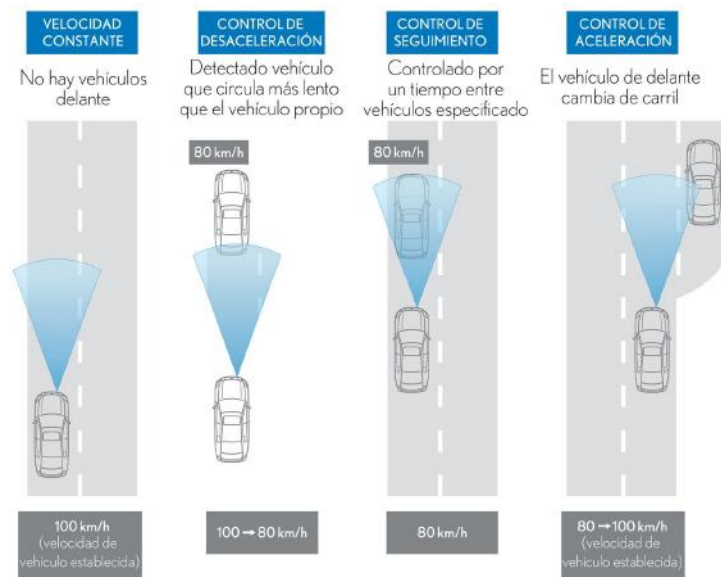


Figura 2.14: Funcionamiento de regulador activo de velocidad

2.19.- La iluminación

El sistema de iluminación de un coche (y en general de cualquier vehículo que circule por una vía pública) es fundamental porque nos permite ver y ser vistos.

Para la función de “ser vistos” es suficiente con que el vehículo no esté a oscuras, por lo que en este apartado se ha evolucionado poco. La incorporación de las luces de posición diurnas podría considerarse la última iteración (son obligatorias en los coches que se fabriquen en Europa), así como la introducción de lámparas de menor consumo (los LEDs, por ejemplo, que en sí ya ni siquiera son lámparas como tal).

Donde sí se ha visto un **gran avance** en los últimos 10 o 15 años es **en el apartado de “ver” más y mejor.**

Tipos de lámparas o emisores de luz

Hay cuatro tipos de lámparas (bombillas) que hoy en día se montan en nuestros automóviles y no son precisamente modernas:

- **Incandescentes**

En las lámparas incandescentes, al hacer pasar corriente eléctrica por un filamento metálico (hoy en día wolframio), que actúa como resistencia, éste se calienta y desprende luz. El filamento está encerrado en una ampolla de vidrio dentro de la que se ha hecho el vacío (o bien se ha rellenado con un gas noble, por ejemplo kriptón). Son las más ineficientes (o sea las que más consumen) y las que menos duran, por lo que deberían tener los días contados.



Figura 2.15: Lámparas incandescentes

- **Halógenas**

El principio es el mismo que en las lámparas incandescentes, solo que si en lugar de vacío se rellena la ampolla con un gas halógeno, el filamento dura más y desprende más luz (con el mismo consumo) y más blanca.

Como se alcanzan temperaturas más altas, la ampolla ya no es de vidrio de arena de sílice (el vidrio convencional) sino de vidrio de arena de cuarzo.

Fueron el primer gran cambio en los faros de automóviles permitiendo tener más luz (y no hace tanto, unos 30 – 35 años aproximadamente).



Figura 2.16: Lámparas halógenas

▪ Xenón

Las lámparas de xenón (o HID, por *High Intensity Discharge*) también se conocen como lámparas de descarga de gas. Dentro de una ampolla de vidrio de cuarzo no hay un filamento, sino dos electrodos de tungsteno muy próximos, pero no en contacto. La ampolla está rellena de vapor de mercurio, sales metálicas y gas xenón. Al llegar corriente a uno de los electrodos, esta “salta” hasta el otro produciéndose un arco eléctrico que desprende gran cantidad de luz muy blanca (ligeramente azulada).

Durante el funcionamiento consumen menos que las lámparas halógenas (en luz de cruce solo 35 W frente a 55 W en la halógena).

Este tipo de lámpara ha supuesto otro gran cambio en la iluminación del automóvil, pues todavía se tiene **más luz**, más homogénea y más blanca (la vista se cansa menos). Aunque a costa de un precio muy superior. Una lámpara halógena puede costar unos 12 a 18 euros por unidad, mientras que una lámpara de xenón puede costar unos 150 a 200 euros por unidad. Se supone que duran más horas. En principio se emplean en la luz de cruce (cortas), pero ya también en la luz de carretera (largas).



Figura 2.17: Lámparas de Xenón

▪ LED

Los **diodos emisores de luz** (LED), consisten, muy básicamente, en un material semiconductor encapsulado en una diminuta lente de plástico. Al hacer pasar corriente eléctrica a baja tensión a través del LED, este emite luz.

Son la gran apuesta de los últimos años. Sea por estética, o sea por su inferior consumo (muy útil por ejemplo en los coches eléctricos), cada vez se ven más coches con faros o pilotos de leds, especialmente en la luces de posición diurna (porque tienen un brillo muy alto), pero también están presentes cada vez más en las luces de posición trasera, luces de freno o luces indicadoras de dirección (los intermitentes).

En faros de altas prestaciones se están empleando LEDs en la luz de cruce. El inconveniente de los faros de LEDs es que son considerablemente más caros (aunque también tienen una vida útil mucho mayor). Sin embargo, respecto al precio de un coche, tampoco supone un encarecimiento tan elevado.



Figura 2.18: Lámparas LED

Diseño del faro, reflectores y proyectores

Hace años los faros eran translúcidos. El cristal de dispersión del mismo no permitía ver el interior. De hecho el cristal era el gran protagonista porque estaba tallado (o moldeado, más barato) interiormente desde un punto de vista óptico (formando prismas horizontales), y se encargaba de distribuir el haz de luz.

Hoy en día se emplean cristales de dispersión transparentes (normalmente de policarbonato, y sensibles a la radiación UV, por lo que se deterioran si les da demasiado el sol). Así que para controlar la distribución del haz de luz generado por la lámpara, se confía en el diseño geométrico del reflector, ya sea parabólico o elíptico, o bien en una lente elipsoidal (en los faros de proyección, que consiguen aproximadamente un 10% más de luz).

Más visibilidad: faros antiniebla y lavafaros

Durante muchos años los conductores han querido más luz, y en diferentes circunstancias, así nacieron los faros y estrategias complementarias.

- Los faros antiniebla se caracterizan por generar un haz de luz más corto y ancho, que se orienta hacia el suelo, intentando minimizar la dispersión de la luz que se produce al atravesar nubes de polvo, arena o humo y niebla. Atravesar la niebla (diminutas gotas de agua suspendidas en el aire) es muy difícil.
- Aunque no han tenido mucho éxito, los lavafaros fueron otra estrategia para tener más luz cuando las circunstancias del tráfico se complican. Antiguamente consistían en un surtidor de agua y un limpia faro de goma, hoy en día se han simplificado (y abaratado) con surtidores de agua a presión (que pueden ser fijos o escamoteables).

Luz adicional en giros

Las luces adicionales en giros son algo bastante reciente, de hecho aunque no tienen un elevado coste, no son muchos los coches que la traen como equipamiento de serie (aunque cada vez son más). Consiste en encender una **luz adicional a la luz de cruce, en el lado hacia el que se está girando el volante, que ilumina no hacia delante, sino hacia el lateral.**

Es muy sencillo, solo hay un captador de giro en la dirección, que acciona la luz a partir de un determinado ángulo de giro del volante. Hay una bombilla más, ya sea en el faro principal, o en el faro antiniebla (a veces los sistemas más sencillos no añaden ninguna lámpara más, y utilizan solo la propia del faro antiniebla, aunque no es lo ideal).

Esta luz suele funcionar solo a velocidades bajas (hasta 40 o 50 km/h aproximadamente, en algunos casos incluso hasta 70 km/h) y permite eliminar zonas en penumbra en los giros cerrados (por ejemplo en cruces), con un ángulo de 65 grados y hasta unos 30 m de alcance.

2.20.- Sistema de encendido automático de las luces

Como el ser humano tiende a ser perezoso (o despistado) la cada vez mayor cantidad de electrónica en nuestros coches permite integrar un pequeño sensor de luminosidad en el parabrisas (normalmente en la parte alta, detrás del espejo retrovisor). Lo habitual es que este sensor sea un fotodiodo (un diodo y un material semiconductor) que es excitado por la luz y genera cierta corriente eléctrica.

Cuando hay menos luz (se ha de ajustar un límite) la corriente disminuye o cesa, y entonces es cuando **un pequeño microprocesador enciende las luces de cruce** (y cuando vuelve a haber luz, las apaga).

2.21.- Faros orientables

Las luces adicionales para los giros sirven de poco cuando se conduce en carretera a velocidades medias o altas (debido a que son luces de poca potencia y alcance). Así que **para iluminar mejor las curvas** (el haz de luz se proyecta en línea recta hacia el exterior de la curva, dejando poco iluminado el interior de la misma) **se gira el faro** (o al menos una parte de él).

Lo habitual es que la unidad de la luz de cruce, normalmente de tipo proyector con una lente elipsoidal (detrás de la que está la lámpara), sea lo que gira gracias a un pequeño motor eléctrico que gira un determinado número de grados según lo que se esté girando el volante.

El resultado es que el haz de luz del faro se orienta hacia la curva y gira con el coche. Lo habitual es que los faros giren entre 10 y 15 grados, con lo que se ganan unos 20 a 30 metros de iluminación de la calzada.

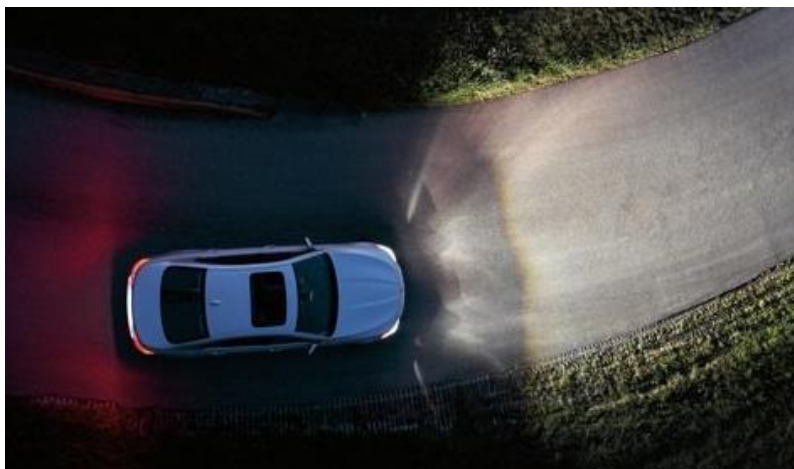


Figura 2.19: Faros orientables

2.22.- Faros adaptables automáticos

El sistema más sencillo comenzó con la regulación de la altura de la luz de cruce en los faros de xenón. Como este tipo de faros puede deslumbrar más a los conductores con los que nos crucemos, se impuso un **sistema automático que corrigiera la altura instantáneamente para mantener siempre la altura óptima.**

Mediante unos sensores en la suspensión (en el eje trasero y en el eje delantero), el microprocesador puede saber qué ángulo de cabeceo tiene el coche. Al acelerar (o al cargar mucho peso en el maletero) este es positivo (el haz de luz “se sube”) y al frenar el ángulo es negativo (el haz de luz “se baja”). Así que de nuevo unos pequeños motores eléctricos corrigen ligeramente hacia abajo, o ligeramente hacia arriba el faro, para mantener la altura del haz de luz.

Otro sistema que se está implantando es el de **luz de carretera (largas) automática.** Sabiendo la velocidad a la que circula el coche (normalmente se ajusta a velocidades por encima de los 70 km/h), de nuevo un sensor de luminosidad permite saber al **microprocesador si viene un vehículo en sentido contrario o si nos acaba de adelantar** (detecta la luz de sus faros) **y opta por quitar las luces largas automáticamente para no deslumbrarle.** Cuando vuelve a haber oscuridad vuelve a poner las luces de carretera.

Lo último y más sofisticado es la **adaptación de la luz de manera activa** (o faros adaptativos), ya sea en varios niveles, ya sea de manera continua, combinando todos los sistemas explicados previamente.

En este caso la unidad electrónica de control de la iluminación está permanentemente procesando los datos de velocidad, luminosidad, ángulo de giro del volante y ángulo de guiñada (de giro efectivo del vehículo).

Con estos datos **se adaptan automáticamente las luces para tener la mejor iluminación posible.** Si es en varios niveles, lo normal es tener luz de cruce (complementada con la luz de giro) y dos o tres niveles más en la luz de carretera, una para carreteras secundarias (hasta 90 km/h), en el que el haz de luz es más ancho, sobre todo hacia la izquierda, y otros dos para autopista, a partir de 90 km/h (aumentando la potencia de las lámparas de xenón para tener más intensidad luminosa y a partir de 110 km/h elevando algo el faro para tener más alcance.

Si el sistema es todavía más avanzado, entonces el cambio no es por niveles, sino **de manera continua, adaptándose a la distancia** que hay con los vehículos que nos preceden (medida por un radar), o con los vehículos con los que nos cruzamos, de nuevo variando la potencia de las lámparas o variando la altura del faro, de modo que el cono del faro finaliza siempre delante de los otros vehículos, sin que exista riesgo de deslumbramiento.

Para las luces largas además de variar con servomotores (pequeños motores eléctricos) la altura del faro, también se puede optar por emplear obturadores variables (que se accionan eléctricamente, según lo que considere el microprocesador), que tapan parcialmente (la parte de arriba) de la lámpara, para que el haz sea bajo, y pueden ir

destapándola, ya sea de golpe (dos posiciones, corta/larga), ya sea progresivamente (variación continua), para que el haz sea también alto (y tener así la luz de carretera que puede llegar a alumbrar hasta 300 m por delante del coche).

Incluso la adaptabilidad casi total del faro puede utilizarse para mejorar las condiciones de visibilidad en caso de niebla, y complementar a los faros antiniebla específicos. El faro se orienta hacia abajo (hacia el suelo) y hacia afuera, para reducir los reflejos y aumentar la anchura del campo visual.

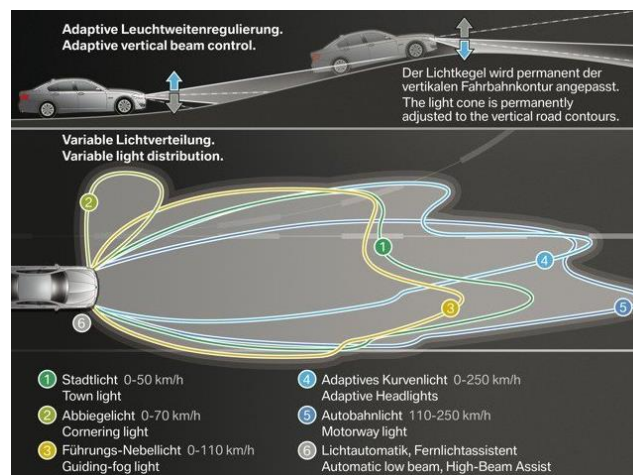


Figura 2.20: Faros adaptables automáticos

2.23.- Sistemas de visión nocturna

Aunque no son un sistema de iluminación propiamente dicho, sí que permiten “ver más” durante la noche. **La imagen “nocturna” obtenida se proyecta sobre el parabrisas**, mediante un sistema HUD, o bien mostrarse **en pantallas LCD u OLED a color, en la pantalla del sistema de navegación** en la consola central, o incluso **en una pantalla dentro de cuadro de instrumentos**.

Para la visión nocturna se emplean **cámaras de infrarrojos** no refrigeradas (cámaras térmicas activas). Los faros principales incorporan un filtro de infrarrojos de modo que iluminan la carretera con luz ultravioleta. Una cámara de rayos infrarrojos monocular colocada en la parte alta del parabrisas (o a veces en el paragolpes o parrilla) se encarga de ver lo iluminado por esa luz (lo reflejado por el peatón, animal u objeto) y que el ojo no sería capaz de ver (ángulo de visión de 24 grados y alcance superior a 100 metros). Ya hay algún sistema que no requiere de la emisión previa.



Figura 2.21: Proyección de imagen nocturna sobre pantalla en cuadro de instrumentos

2.24.- Sensor de lluvia

Los limpiaparabrisas y lavaparabrisas permiten mantener el parabrisas en condiciones óptimas de visibilidad atendiendo a un punto de vista de limpieza.

El sensor de lluvia que incorporan algunos automóviles **permite la activación automática de los limpiaparabrisas con una velocidad proporcional a la cantidad de agua**. Estos sistemas basan su funcionamiento en los principios de reflexión y refracción de la luz.

Para ello se coloca un sensor en el parabrisas a la altura del espejo retrovisor central. Este sensor de lluvia está compuesto por un diodo emisor y un diodo receptor. El diodo emisor lanza un haz de luz que atraviesa el parabrisas y siguiendo los principios de reflexión y refracción, cambiará su intensidad y su ángulo dependiendo de si se encuentra con una gota de lluvia en su camino. Este cambio en el ángulo y la intensidad será detectado por el diodo receptor.

Normalmente estos dos diodos se colocan en un ángulo de 45° , el mismo ángulo con el que incidirá el haz de luz en el diodo receptor tras reflectarse contra el parabrisas. Como hemos dicho, si este ángulo cambia, el sensor interpreta que está lloviendo y activa los limpiaparabrisas en consecuencia.

Además de los dos diodos, el sensor normalmente incorpora sensores de luz ambiental y de puntos lejanos. El sensor también detecta la cantidad de gotas de agua sobre el parabrisas, adaptando la velocidad de repetición de movimiento de los limpiaparabrisas de forma proporcional a la cantidad de gotas de agua.

2.25.- Percepción de los alrededores del vehículo

Volkswagen está desarrollando un **sistema que perciba los alrededores del vehículo registrando una completa muestra de todo el entorno** (360 grados) usando toda la información dimensional disponible, y combinando ésta para crear un modelo holístico del entorno del vehículo. A esta tecnología también se la denomina sensor-fusión.

La información generada construye una imagen del ambiente y situación, de forma que los sistemas de asistencia al conductor serán capaces de identificar riesgos.

El valor de este sistema puede ser ilustrado usando el ejemplo de un vehículo que entra en una autopista. Para conseguir datos de la situación del tráfico a su alrededor, el conductor tendría que fijarse, normalmente, en lo que se sitúa delante de su mirada, además de volverse para asegurarse de que no ha pasado por alto algún vehículo que pudiera localizarse en un punto muerto de los espejos retrovisores. El nuevo sistema hará más fácil a los conductores establecer la situación del entorno del vehículo, ofreciendo la información necesaria en un visualizador y minimizando riesgos.

Este sistema utiliza una gran variedad de tecnologías, desde cámaras, hasta avanzados sensores de radar de proximidad y lejanía, y sensores láser. La información capturada por los sensores es transmitida a una unidad de cálculo en tiempo real que genera una reproducción virtual del entorno.

2.26.- Reconocimiento nocturno de peatones

BMW ha desarrollado un **sistema de reconocimiento de peatones durante la noche, que dirige automáticamente hacia ellos un haz de luz para llamar la atención del conductor y marcar claramente su posición**. Lo ha bautizado *Dynamic Light Spot*, y está disponible como equipamiento opcional.

Este sistema trabaja en conjunción con el sistema de visión nocturna explicado anteriormente (2.23.-). Cada uno de los faros del coche tiene una lámpara adicional que se enciende y orienta su haz de luz hacia el peatón (o animal) que el sistema de reconocimiento detecte. Así se hace que resalte entre la penumbra.

Esta luz adicional solo se enciende cuando el peatón está muy lejos (más allá del alcance de las luces de cruce, que viene a ser entre 50 y 80 m). Cuando el coche se acerca, y los faros normales ya iluminan al peatón, la luz adicional se apaga.

El sistema reconoce positivamente a las personas a una distancia de 97 metros de promedio, independientemente de las condiciones meteorológicas. Si el conductor ve antes a los peatones (u otros obstáculos) podrá reaccionar antes y se evitarían muchos atropellos y alcances.

Según un estudio de BMW, un peatón vestido con ropas oscuras, de noche, y conduciendo con las luces de cruce, es reconocible a simple vista por el conductor cuando está ya a solo 29 metros de distancia. Por ejemplo, cuando circulamos a 80 km/h, la distancia de frenado es de unos 60 a 65 m. Con este nuevo sistema de seguridad se triplica la distancia a la que nos damos cuenta de la presencia del peatón o animal.



Figura 2.22: Reconocimiento nocturno de peatones

2.27.- Sistemas de reconocimiento de objetos

Este sistema pretende evitar sobre todo atropellos de peatones o ciclistas. En el **sistema ContiGuard** dos cámaras de alta resolución, colocadas en la parte alta del parabrisas, permiten tener una visión estereográfica que se envía al microprocesador del sistema.

El sistema es capaz de distinguir entre peatones, ciclistas, coches y otros objetos, medir la distancia hasta ellos, y predecir su trayectoria, verificando si esta se corta con la que lleva el coche, y determinar por tanto si existe riesgo de un accidente, para tomar las medidas preventivas encaminadas a evitarlo o aminorar las consecuencias. Advertirá al conductor, e incluso podría accionar automáticamente los frenos del vehículo.

Otro sistema que existe es el denominado **Amulett Car2X**. Este funciona por **ondas de radio**. Los peatones y ciclistas deberían llevar un pequeño transpondedor, que incluso no necesitaría alimentación eléctrica (si es de tipo pasivo).

El coche debe llevar un emisor-receptor y recibe la señal de respuesta de los transpondedores. Lo bueno de este sistema es que los peatones podrían estar ocultos (por ejemplo niños detrás de un vehículo alto estacionado) pero el microprocesador del coche sabe que están ahí y advierte de ello al conductor.

2.28.- Detección de sueño o falta de atención al volante

Este sistema puede tener varios nombres (por ejemplo detección de fatiga) pero en el fondo las diferentes versiones consisten en lo mismo, **intentar detectar si el conductor no está en óptimas condiciones para seguir conduciendo**.

Existen sistemas de dos tipos: **sensores en el volante** y **cámaras de reconocimiento facial**. Ambos tipos actúan alertando al conductor de la situación mediante una alarma, luces rojas parpadeantes, o mensaje de texto en el cuadro de instrumentos, e instándole a no distraerse, parar para descansar, dormir o calmarse.

Sensores al volante

Normalmente son un sistema electrónico con un **sensor en el volante**, que cuenta cuántas veces por minuto el conductor realiza pequeñas correcciones en la dirección. Se sabe que para mantenernos en el carril, los conductores no mantenemos el volante quieto y fijo, sino que corregimos casi constantemente dos o tres grados hacia la derecha o hacia la izquierda, para intentar ir lo más centrados posible en él.

Si el pequeño procesador del sistema cuenta menos correcciones por minuto de lo que se considera normal, interpreta que el conductor puede estar distraído, estar cansado o incluso estar durmiéndose al volante, así que advierte de ello al conductor. Esta advertencia puede ser variable, lo normal es un cartel en la pantalla digital del cuadro de instrumentos y una alarma sonora (por ejemplo un pitido) pero también puede ser incluso una vibración en el volante.



Figura 2.23: Detección de sueño por sensores en el volante

Cámaras de reconocimiento facial

Gracias a una **cámara**, que puede ir colocada sobre el volante, y a un sistema de reconocimiento facial, la electrónica de nuestro coche puede conocer con mucha más precisión si sufrimos cansancio, fatiga, sueño o incluso falta de concentración y hacer algo al respecto para evitar un problema mayor.

La cámara enfoca a la **cara del conductor** y supervisa los **ojos** de este, para ver si el parpadeo es normal, o si el parpadeo indica sueño, pero también es capaz de ver si el conductor mira al frente, a la carretera, o si desvía la mirada a otra parte, fuera de la carretera, y está dejando de atender a la circulación, mirando cualquier otra cosa como un teléfono, la radio, o el paisaje por la ventanilla.

Y no solo se está prestando atención a los ojos del conductor. El reconocimiento facial es completo y permite ser más fiable o detectar síntomas más temprano. Estos sistemas son también capaces de reconocer los bostezos, por ejemplo, así como otras expresiones faciales que muestren cansancio y fatiga. Pero también pueden reconocer si el conductor está estresado y nervioso, o incluso colérico, lo cual tampoco es adecuado para conducir con seguridad.



Figura 2.24: Detección de sueño por cámaras de reconocimiento facial

2.29.- Sistemas de ayuda al aparcamiento

La maniobra de aparcar es de las más complicadas para muchos conductores. Es por ello que **los fabricantes de automóviles incorporan cada vez más adelantos que nos faciliten un estacionamiento correcto y seguro.**

Sensores de aparcamiento

El primero de los dispositivos que surgieron son los denominados **sensores de aparcamiento**. Se pueden situar tanto en la parte delantera como en la parte trasera y los hay de dos tipos:

- **Los sensores de ultrasonidos**, van incorporados en los paragolpes, y los reconoceremos fácilmente pues son pequeños cilindros del tamaño de una moneda de un Euro incrustados en las defensas. Normalmente son cuatro y funcionan emitiendo ondas de ultrasonidos que rebotan en los obstáculos. Hay que tener cierto cuidado en su instalación, pues nos pueden quedar zonas sin detección, ya que su radio de acción oscila entre 130° y 160° de barrido horizontal y entre 50° y 60° en barrido vertical.
- **Los sensores de detección electromagnética**, se colocan también en los paragolpes, pero consisten en una tira metálica adherida al interior de este. Su principio de funcionamiento se basa en detección de alteraciones del campo electromagnético producida por los objetos sólidos. Su detección es continua, cubriendo toda la parte trasera del vehículo. Además de la ventaja del tipo de detección, en caso de que nos den un golpe, no nos lo dañarán, al contrario que los sensores ultrasónicos, que pueden sufrir desperfectos.

Ambos sistemas tienen en común la forma en la que nos indican la presencia de obstáculos. En las instalaciones más sencillas, **un tono de aviso en forma de pitido** nos irá informando de la distancia libre hasta el objeto. La frecuencia del pitido irá en aumento a medida que disminuya la distancia, hasta que cuando nos encontremos a una distancia de unos veinte o treinta centímetros, el pitido será continuo.



Figura 2.25: Intensidad de señal acústica en función de la distancia al objeto

Detección de vehículos en entornos viarios

Otros dispositivos, **incorporan leds de tres colores**: verde, amarillo y rojo. A medida que nos vayamos acercando al vehículo que se encuentra detrás de nosotros (o delante, pues los dispositivos son tan válidos en un sitio como en el otro), el color ira variando hasta ser rojo cuando estemos a esa distancia de treinta centímetros.

Este es un método muy cómodo para evitar golpear a otro coche, o un obstáculo bajo que no vemos por el retrovisor central, aunque conviene limpiar los sensores de vez en cuando, pues el barro les puede llegar a afectar.

Cámaras de visión traseras

Algunos modelos incorporan la posibilidad de montar cámaras de visión trasera. El mecanismo es bien sencillo:

Por una parte, disponemos de **una cámara situada en la parte posterior**. Normalmente, se coloca por encima de la matrícula. Su lente suele ser un gran angular de alta sensibilidad, para que en cualquier tipo de condición y de luz, nos muestre una imagen nítida y lo más amplia posible.



Figura 2.26: Cámara trasera para ayuda a la maniobra de aparcamiento

Cuando introducimos la marcha atrás, se conecta, proyectando la imagen en la pantalla del navegador. Aparcar con ella es muy sencillo y casi no son necesarios ni los retrovisores laterales. Únicamente se usan para comenzar la maniobra. Para cuadrar el coche en el hueco se hace con la imagen de la cámara. Incluso, cuando estamos aparcados en batería a cuarenta y cinco grados en sentido a la marcha, podemos dar marcha atrás mirando por la cámara pues veremos perfectamente los vehículos que se nos aproximan.

Sus dos mayores inconvenientes son, por un lado, que debemos mantener la lente limpia pues, por su ubicación, es propensa a ensuciarse en días lluviosos. No obstante, aun en malas condiciones, podemos seguir utilizándola pues de cerca nos sigue mostrando una buena imagen.

Por otro lado, el vehículo debe disponer de una pantalla donde proyectar la imagen, normalmente asociada al navegador, lo que encarece el conjunto del dispositivo. Si bien la cámara y su montaje no es caro, sí lo es el necesitar otras opciones adicionales.

Sistemas de estacionamiento automático

Los sistemas más avanzados permiten que el coche realice la maniobra de aparcamiento de forma automática. Cuando el conductor quiere realizar el aparcamiento, solo debe situarse junto al hueco, seleccionar si se quiere aparcar en línea o batería y activar la marcha atrás. El sistema comienza entonces a girar la dirección en la forma necesaria para que el coche acabe en el hueco y el conductor solo debe prestar atención al entorno (minimizando el riesgo de golpear a un peatón que se pase por detrás del coche, a otro vehículo o a una columna en un parking) y realizar posibles correcciones en caso necesario.



Figura 2.27: Sistema de estacionamiento automático

Estos sistemas son más caros que los anteriores, aunque cada vez se van haciendo más populares en los distintos modelos de automóviles.

2.30.- Sistemas de comunicación entre coches para aviso y alerta

Durante los últimos años, varios equipos de ingenieros de todo el mundo han desarrollado en diferentes laboratorios un **sistema de conectividad inalámbrica entre vehículos capaz de evitar situaciones de riesgo que puedan terminar en accidentes graves o mortales.**

Tras cientos de pruebas y test de fiabilidad, este sistema denominado V2V, comenzará a instalarse en coches de fabricación norteamericana y a partir de 2017 en algunos modelos europeos.

Detección de vehículos en entornos viarios

La comunicación V2V (vehículo a vehículo) y V2I (vehículo a infraestructura) en América y Car2X en Europa consistirán en un sistema de seguridad con el que **los coches podrán detectarse y comunicarse entre ellos y con la infraestructura de la carretera** (semáforos, tramos en obras...) **a través de un dispositivo GPS instalado en su ordenador de a bordo.**



Figura 2.28: Comunicación entre vehículos y entorno

De este modo, podrán, sin necesidad de despistar su atención del volante y la carretera, alertar a otros conductores sobre posibles riesgos y peligros en la circulación que aún no estén al alcance de la vista de los conductores.

Así, por ejemplo, un coche parado por avería notificará automáticamente a todos los que estén cerca de su situación y de su estado con el fin de evitar los problemas que se derivan de este tipo de situaciones. Lo mismo ocurre con obras o ambulancias. El radio de acción de la señal alcanzará, según informan los expertos, los 300 metros aproximadamente.



Figura 2.29: Notificación de vehículo averiado en la vía

Detección de vehículos en entornos viarios

El conductor visualiza el mensaje de alerta en la pantalla digital del cuadro o de la consola central, y está advertido de que hay problemas unos metros más adelante, pudiendo estar prevenido, aminorar la marcha, y evitar cualquier peligro, por ejemplo, por alcance al coche que está accidentado o averiado.

El sistema incluso puede hacer que todos los otros sistemas de seguridad estén alerta, y actúen de manera automática, antes incluso de que el conductor asimile el mensaje de alerta y reaccione.

Este sistema utiliza componentes disponibles en el mercado, razón por la cual supondrá tanto para el fabricante como para el consumidor una tecnología relativamente económica y accesible. Además, mediante el programa AdaptIVe, lanzado en Marzo de 2014, fabricantes de vehículos e institutos de investigación tienen ya un estándar global de comunicación, regulación y la aplicación de esta tecnología que, a su vez, sirve de base para la conducción autónoma.

El sistema de comunicación vehículo a vehículo estará compuesto por los siguientes elementos:

- **Un microprocesador** con un software específico. Será el encargado de recibir la información y codificarla para el conductor.
- **Un módulo inalámbrico** LAN 8wifi de onda corta de 5.4 Ghz. Oficiará de antena del sistema.
- **Sensores.** Estarán ubicados en determinados lugares para detectar diferentes acciones.
- **Un GPS.** Será el encargado de orquestar todos los elementos: intercambiará información con el microprocesador y el dispositivo wifi. Así mismo, permitirá que el conductor reciba señales visuales y auditivas a través de los altavoces y pantalla que éste integra o a los que va normalmente conectado en el vehículo cuando viene instalado de serie.

Las situaciones de las que alertará este sistema son las siguientes:

- **Aviso de vehículo detenido.** Detecta la presencia de un vehículo detenido en un carril con una señal acústica y visual.
- **Aviso de frenada de emergencia.** Si el vehículo que va por delante realiza una frenada brusca o repentina, el sistema de este vehículo emitirá una alerta al vehículo que circula por detrás con señales visuales y sonoras. Si la situación es peligrosa, el sistema hará vibrar el asiento en su parte delantera.
- **Aviso de colisión por detrás.** Si el coche que se acerca por el mismo carril recibe en su pantalla un aviso de una posible colisión para que frene o realice una maniobra que evite el choque y conductor no reacciona, el sistema V2V evaluará el peligro de la situación y en caso extremo, activará los frenos del coche.

- **Aviso de ángulo muerto y cambio de carril.** El sistema detecta un coche en el área de alerta e indica en el espejo retrovisor y en la pantalla del GPS sobre el riesgo de colisión.
- **Aviso de vehículos de emergencia.** Las ambulancias, los coches patrulla y los camiones de bomberos podrán abrirse camino mediante este sistema, indicando su paso a los vehículos que circulan por la periferia antes que estos puedan ser vistos.
- **Aviso de zona de obras.** Cuando se realizan obras de mantenimiento en las carreteras, el coche recibirá la alerta y también podrá reenviarla a los coches que circulan por detrás.
- **Alerta de colisión en cruces.** En cruces sin semáforos y con escasa visibilidad, el sistema permite que un vehículo alerte a otros de su presencia.

Algunos de los problemas que presentan estos sistemas y que deben ser resueltos completamente antes de la instalación de estos sistemas en vehículos comerciales son los siguientes:

- Garantizar que el sistema funciona perfectamente ante situaciones de congestión de tráfico, donde un elevadísimo número de vehículos informan de forma simultánea.
- Es imprescindible desarrollar un sistema completamente seguro ante hackers o personas que puedan intentar enviar mensajes fraudulentos a los vehículos, porque sería un problema muy importante.

Pero las aplicaciones de estos sistemas no están orientadas únicamente a la seguridad vial. Por ejemplo, Audi experimentó con esta tecnología en la comunicación en tiempo real entre vehículos y semáforos a través de una ruta establecida (proyecto simTD). Con el conocimiento del funcionamiento y tiempos de señalización de los semáforos de una ruta, **el vehículo es capaz de adaptar el trayecto de cara a evitar cualquier posible parada por culpa de un semáforo en rojo** gracias a la adecuación de la velocidad y el trayecto hasta alcanzar el destino fijado.

Este dispositivo no ha llegado a desarrollarse completamente. No obstante, existe una aplicación para iPhone y Android que hace esto mismo, sin importar el coche que tengamos. Se trata de EnLighten. Ésta basa su funcionamiento en el estado de los semáforos que nos rodean en tiempo real, mostrándonos lo que debemos hacer de forma visual o a través de sonidos.

Pues bien, BMW ha decidido integrar su iDrive con esta aplicación, que sigue residente en nuestro móvil, solo que se muestra de forma totalmente integrada en la pantalla de nuestro coche. Gracias a ello nos ofrecen una conducción más eficiente y un consumo mucho más reducido en conducción urbana.

Es decir si la aplicación nos dice que hasta dentro de 23 segundos no se va a poner en verde el semáforo que vemos en rojo a lo lejos, soltaremos el acelerador inmediatamente y dejaremos que el coche llegue con la inercia, sin gastar ni una gota de combustible.

Si por el contrario, sabemos que le faltan escasos segundos para ponerse en verde, podemos dejar de frenar si el carril está libre y justo cuando esté en verde ya pasaremos lanzados sobre el mismo, con el ahorro de combustible que ello conlleva.

El problema es que EnLighten aún no funciona en España, ya que **la aplicación debe estar conectada a la infraestructura de múltiples ciudades para saber el estado de todos y cada uno de los semáforos de la misma**. De momento solo funciona en algunas ciudades de Estados Unidos.

2.31.- Integración de Smartphone en vehículos

Hoy en día casi todo el mundo dispone de un teléfono móvil, y cada vez más estos dispositivos móviles son de tipo *smartphone*. Por otro lado, todos los conductores son conscientes de que no deberían usar estos dispositivos mientras conducen, pero un estudio realizado en Marzo de 2013 por RACE, BP y Castrol concluye que un 60% emplean el teléfono móvil para hablar, ya sea con o sin manos libres, mientras que un 17% de los españoles emplean el *smartphone* para chatear o acceder a redes sociales mientras conducen.

Según este estudio, la infracción más común (con mucha diferencia sobre el resto) que comenten los conductores tanto en ciudad como en carretera es “conducción distraída o desatendida”, siendo además la principal infracción detectada en accidentes con víctimas.

Así que **para mejorar la seguridad en la conducción, el paso de integrar *smartphones*, y en menor medida también *tablets*, en los coches es fundamental**. Aunque lo cierto es que los fabricantes de automóviles van a su ritmo, poco a poco, ya que los tiempos de desarrollo de un producto o equipamiento en automoción son bastante más largos que los de la electrónica.



Figura 2.30: Sistema MyLink de Chevrolet

La mayoría de los sistemas que actualmente llevan incorporados de serie la mayoría de los vehículos son muy simples, se limitan a ser un **manos libres mediante acceso por bluetooth**, con agenda y poco más, y a reproducir la música que llevemos en la memoria del teléfono.

Aunque cada vez se desarrollan **sistemas más complejos de conectividad multimedia**, en general con pantalla táctil a color. No todos son iguales, y permiten una integración mayor o menor con el *smartphone* según marcas. Los fabricantes todavía limitan las funciones que se pueden usar.

Lo ideal de estos sistemas es que repliquen directamente la pantalla de nuestro teléfono en la del coche, que debería ser multitáctil y tener al menos de seis a ocho pulgadas, y así poder acceder a todas las aplicaciones y archivos que tengamos en él.

Para controlar nuestro teléfono, serviría algún mando físico integrado en el coche, como algún tipo de *joystick* en la consola central o algún mando al volante, o lo más funcional, el control por voz y la pantalla táctil. Se está trabajando en desarrollar sistemas de reconocimiento gestual para comunicarnos con nuestro coche. Mediante infrarrojos y cámaras, el coche podrá “ver” lo que el conductor hace en todo momento. Por ejemplo, si se lleva la mano a la oreja podría estar mandando una orden de llamada telefónica.

Existen sistemas que permiten leer mensajes recibidos y enviar mensajes dictados, y algunos productos, menos, también incluyen aplicaciones de acceso directo para seguir las actualizaciones de nuestros perfiles en redes sociales. Las conexiones de datos se realizan a través del propio *smartphone*.

Otras de las funciones que también suelen incluirse en estos sistemas son el **navegador GPS** y la cámara de visión marcha atrás (aunque depende un poco de cada marca).

En el caso de que el coche no venga equipado con uno de estos sistemas se puede optar por soluciones de montarlos como accesorios independientes.

E incluso se puede hacer uso de smartphones como elemento de seguridad mediante instalación de un sencillo soporte en el parabrisas, ya que existen numerosas aplicaciones que realizan las siguientes funciones:

- Control de velocidad superior a la permitida.
- Avisador de posibles colisiones frontales.
- Envío y lectura de mensajes de texto mediante voz.
- Desactivación de recepción de llamadas con aviso al emisor de que el receptor está conduciendo.

Capítulo 3

Descripción de la arquitectura

El presente proyecto ha sido desarrollado en el laboratorio de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid. A continuación se describen las distintas herramientas para la elaboración del sistema.

3.1.- Componentes hardware

3.1.1.- Vehículo IVVI 2.0

IVVI 2.0 es uno de los vehículos desarrollados por el Laboratorio de Sistemas Inteligentes de la Universidad Carlos III. Su nombre viene del acrónimo en inglés de **Vehículo Inteligente basado en Información Visual** y el número indica que se trata del segundo vehículo en el que se han instalado los sensores y equipos necesarios para el desarrollo de Sistemas de Ayuda a la Conducción.

Además de actualizar el equipamiento respecto a la versión anterior, se ha buscado un diseño más acorde con lo que constituirán los futuros sistema de ayuda. Para ello tanto los ordenadores como los sensores o monitores están perfectamente integrados dentro del vehículo.



Figura 3.1: Vehículo IVVI 2.0

El vehículo tiene instaladas cuatro cámaras en el espectro visible y dos en el infrarrojo.

De las instaladas en el espectro visible, una está supervisando al conductor, vigilando que esté prestando atención a lo que ocurre delante del vehículo y atento a los primeros síntomas de sueño para avisarle.

Otras dos cámaras están dedicadas a la detección de peatones y otros vehículos para evitar colisiones.

Detección de vehículos en entornos viarios

La última cámara captura en color y detecta las señales de tráfico para comprobar que se están cumpliendo las normas y el vehículo no realiza maniobras peligrosas.

Las dos cámaras de infrarrojo se encargan de la detección de peatones en condiciones de baja visibilidad.



Figura 3.2: Interior de vehículo IVVI 2.0

La información proveniente de los Sistemas de Ayuda a la Conducción solo se le comunica al conductor cuando el vehículo se encuentra en una situación real de peligro. Se evita así distraer al conductor con información inútil o redundante que solo sirva para distraerle de su tarea y suponga un peligro o un estorbo más que una ayuda.

Existen dos formas de hacer llegar esa información: a través de una señal sonora se le avisa del peligro y de la maniobra que debe realizar y a través de una pantalla que se encuentra integrada en el salpicadero se le muestra la información captada y analizada por los sensores.



Figura 3.3: Pantalla de visualización integrada en salpicadero en IVVI 2.0

Detección de vehículos en entornos viarios

Para determinar el estado del vehículo se dispone de una sonda CAN-Bus que obtiene información del funcionamiento del vehículo así como de un sistema GPS-IMU que da la información de la posición y velocidad del vehículo.

Por último, tres ordenadores situados en el maletero analizan la información sensorial. Al estar conectados en red pueden intercambiar información de sus respectivos módulos.

3.1.2-Webcam

La cámara web utilizada para captar las imágenes en tiempo real que procesará la aplicación es la Webcam “Logitech QuickCam Express OEM”, cuyas características son las siguientes:

- Máxima resolución: 640 x 480 Píxeles
- Velocidad de captura en vídeo digital: 30 fps
- Interfaz: USB
- Tipo de sensor: CMOS
- Espacio de disco duro mínimo: 100 MB
- Requerimientos mínimos del sistema: IBM® o compatible
- Memoria RAM: 32 MB
- Resolución: 640 x 480 Píxeles

La webcam está situada en el interior del vehículo y muestran en tiempo real una panorámica de la vía por la que se circula.



Figura 3.4: Webcam Logitech QuickCam Express OEM

3.1.3-Alimentación

El sistema de alimentación está compuesto por una batería de automóvil, de 12V y de un sistema transformador de corriente alterna a continua de 1000W de potencia, unidos ambos mediante un relé.

3.1.4-Pantalla de visualización

Los resultados de la aplicación son visualizados por una pantalla táctil “Xenarc 7 pulgadas 705YV”.

Las características del producto son las siguientes:

- Tamaño de pantalla: 7"
- Formato: 16:9
- Angulo de visión H.: 140°
- Angulo de visión V.: 120°
- Resolución física: WVGA 800 x 480
- Resolución soportada: 640 x 480, 800 x 600 ~ 1024 x 768
- Rango operativo del voltaje: DC 9V ~ 30V
- Alimentación: DC 12V
- Consumo: < 5W
- Ancho: 19,38cm.
- Alto: 12,40cm.
- Fondo: 2,9cm.
- Peso: 522gr.



Figura 3.5: Pantalla de visualización Xenarc 7" 705YV

3.1.- Arquitectura software

3.1.1.- Microsoft Visual Estudio 2008

Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) para sistemas operativos Windows. Soporta varios lenguajes de programación tales como **Visual C++**, Visual C#, Visual J#, y Visual Basic, al igual que entornos de desarrollo web como ASP.NET, aunque actualmente se han desarrollado las extensiones necesarias para muchos otros.

Visual Studio permite a los desarrolladores crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (a partir de la versión .NET 2002). Así se pueden crear aplicaciones que se intercomunican entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos móviles.

El framework (.NET 3.5) está diseñado para aprovechar las ventajas que ofrece el sistema operativo Windows Vista a través de sus subsistemas Windows Communication Foundation (WCF) y Windows Presentation Foundation (WPF).

El primero tiene como objetivo la construcción de aplicaciones orientadas a servicios, mientras que el último apunta a la creación de interfaces de usuario más dinámicas que las conocidas hasta el momento.

Además, permite la creación de soluciones multiplataforma adaptadas para funcionar con las diferentes versiones de .NET Framework.

3.2.2-Librería de tratamiento de imagen OpenCV 2.3.1

OpenCV es una **biblioteca de software libre de visión artificial** originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos.

Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas.

Open CV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows.

Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica.

La versión utilizada para el desarrollo del trabajo es la **versión 2.3.1**.

Capítulo 4

Descripción del sistema propuesto

Este capítulo esté estructurado en tres apartados:

1. Análisis de movimiento

Incluye la explicación de pasos a seguir, así como su traducción a funciones de librería OpenCV.

2. Diseño Técnico de la aplicación

Incluye el diagrama de flujo de la aplicación, y la estructuración en archivos de cabecera y de código del software.

3. Diseño para ampliación con otros dispositivos

Incluye explicación sobre las librerías desarrolladas para trabajar con la información de otros dispositivos, como pueden ser lecturas de láser o de GPS.

Se parte de un software altamente desestructurado, sin apenas comentarios, difícil de interpretar y de ampliar.

El resultado de la reingeniería es un software más estructurado y legible, fácilmente mantenible, escalable y ampliable.

4.1.- Análisis de movimiento

En este apartado se explican los pasos generales a seguir para detectar si nos está adelantando un vehículo y la traducción de dichos pasos a instrucciones software para desarrollar el sistema propuesto mediante funciones de OpenCV.

Los principales pasos que se deben seguir para identificar si un vehículo nos está adelantando son los siguientes:

1. Obtener imagen a analizar.
2. Analizar el movimiento
 - 3.1. Definir la región de interés (roi, region of interest).
 - 3.2. Obtener Puntos de Interés
 - 3.3. Análisis piramidal Lucas & Kanade.
 - 3.4. Procesamiento de resultados de algoritmo Lucas&Kanade
 - 3.5. Análisis Haar-Like en cascada.
 - 3.6. Ajustes a realizar para obtener los resultados esperados
4. Resultado de análisis

4.1.1.- Obtener imagen a analizar

La webcam suministra una secuencia de imágenes en formato .tiff con una resolución de 640x480 píxeles. Para la construcción de la aplicación en esta fase hay que tener en cuenta que las imágenes no se obtienen en tiempo real, si no que la secuencia de imágenes se ha grabado anteriormente y el sistema accede a ellas para aplicar los algoritmos de detección de movimiento.

En OpenCV las imágenes son tratadas mediante variables del tipo *IplImage*. Las principales funciones relacionadas con el tratamiento de imágenes son las siguientes:

- *int cvNamedWindow(const char* name, int flags = CV_WINDOW_AUTOSIZE)*

El primer paso para mostrar una imagen en la interfaz gráfica, en nuestro caso la pantalla de visualización, es crear el marco de la ventana.

- *void cvShowImage(const char* name, const CvArr * image)*

La función anterior se emplea para mostrar una imagen en la ventana anteriormente creada.

El valor de *name* debe ser el mismo que en la función *cvNamedWindow*.

El tipo de dato *IplImage* descende de *CvArr*, por lo que el valor de *image* puede ser una variable de tipo *IplImage*.

- *IplImage* cvLoadImage(const char* filename, int iscolor)*

La función *cvLoadImage* se emplea para cargar una imagen a partir de un archivo en formato .tiff.

En nuestra aplicación, como todas las imágenes que se van a tratar son el blanco y negro, el valor de *iscolor* será siempre el representado por la constante *CV_LOAD_IMAGE_GRAYSCALE* definida por OpenCV.

- *IplImage cvCreateImage(CVSize size, int depth, int channels)*

Esta función se emplea para crear una imagen vacía (sin contenido).

El tipo de dato *CVSize* define la altura y anchura de la imagen: *CvSize cvSize (int width, int height)*

- *void cvConvertImage(const CvArr * src, const CvArr * dst, int flags = 0)*

Esta función se emplea para copiar una imagen en otra.

- `void cvReleaseImage(IplImage **image)`

Con esta función se liberan los recursos ocupados por las imágenes.

4.1.2.- Definir la región de interés

La región de interés (roi, region of interest) es la región de la imagen sobre la que se analizará el movimiento, la zona de la imagen en la que se realizarán los adelantamientos. Será, por tanto, la zona que será analizada por la aplicación.

Dicha zona estará situada a la izquierda de la imagen, a una altura media, y el tamaño elegido para la región será de 275x275 píxeles.



Figura 4.1: Región de interés a analizar

4.1.3.- Análisis de Lucas & Kanade

El algoritmo para detección de movimiento y seguimiento del mismo a emplear es el **algoritmo piramidal de Lucas y Kanade**. Para ello, es necesario detectar objetos en las imágenes que en las imágenes siguientes sigan siendo el mismo objeto. Estos puntos son los que denominaremos puntos de interés.

Simplificando, estos puntos significan la presencia de una textura o un borde en dos direcciones centrado a ese punto. El seguimiento de estos puntos hace que el algoritmo no dependa de la forma de los puntos a seguir, sino de la presencia de estos puntos en la imagen, que intentan garantizar la presencia de objetos sin la necesidad de detectarlos.

En el procesamiento de imágenes se tiene la característica de que la imagen está cuantizada y las coordenadas de los píxeles son valores enteros, y se requiere una mayor resolución para extraer parámetros geométricos de la imagen, una calibración precisa de la imagen o la detección precisa de puntos para hacer seguimiento. Para solucionar este inconveniente se trabaja con subpixelado, para poder realizar de esta forma mediciones entre píxeles.

El algoritmo piramidal de Lucas & Kanade busca ampliar la ventana local entre imágenes para poder referenciar el punto a seguir y muestra como resultado final cómo se mueven estos puntos a medida que se mueven los objetos en la imagen.

Por lo que haciendo seguimiento de estos puntos en base a su posición anterior y su posición actual se puede determinar cuántos de los puntos característicos se han movido y en qué condiciones, determinando en base a parámetros adicionales si un vehículo nos está adelantando o no.

En nuestra aplicación se han analizado 50 puntos de interés.

La forma de obtener con funciones de OpenCV los puntos a tratar es mediante la función *cvGoodFeaturesToTrack(...)*.

Esta función devuelve un array de puntos donde se encuentran los mayores eigenvalores (vectores propios o auto vectores, que, cuando son transformados por el operador, dan lugar a un múltiplo escalar de sí mismos, con lo que no cambian su dirección). Estos puntos son los puntos óptimos a ser seguidos para analizar el movimiento.



Figura 4.2: Puntos de interés en imágenes consecutivas

La función que implementa el análisis piramidal de Lucas & Kanade es *cvCalcOpticalFlowPyrLK(...)*.

Esta función devuelve por un lado un array con los puntos característicos en la imagen a analizar, y además devuelve otro array indicando si estos puntos se corresponden con el mismo punto en la imagen anterior.

4.1.4.- Procesamiento de resultados de algoritmo Lucas&Kanade

A partir de la salida del algoritmo, comparando las posiciones anterior y actual de cada punto de interés, se puede saber cuáles de esos puntos se están moviendo, así como la dirección y sentido del mismo.

Entonces, tras los resultados obtenidos en el proyecto “Fusión sensorial para detección de adelantamientos de vehículos” se considerará que un punto se está desplazando en la dirección y sentido que indican adelantamiento si se dan estas dos condiciones:

- El módulo de la línea recta que forman las posiciones iniciales y final del punto (pto_previa_1 \rightarrow pto_actual_1) es mayor que 5
- El ángulo con la horizontal esté comprendido en el intervalo $[157,56^\circ, 180,48^\circ]$, tomando como 0° la flecha horizontal hacia la izquierda y como 180° la flecha horizontal hacia la derecha.

Esta condición, expresada en radianes, sería equivalente a decir que el ángulo con la horizontal esté comprendido entre $[2,75 \text{ rad}, 3,15 \text{ rad}]$, tomando como 0 la flecha horizontal hacia la izquierda y como π la flecha horizontal hacia la derecha.

Detección de vehículos en entornos viarios

Para entender un poco mejor cómo trabajar con el algoritmo, vamos a ver un ejemplo muy sencillo en el que se analizarán tres puntos:

ptos_previa → [pto_previa_1, pto_previa_2, pto_previa_3]

Entonces, si al ejecutar la función que realiza el análisis obtenemos los siguientes valores en el parámetro *salida*:

correspondencia_en_imagen_anterior → [1, 0, 1]

ptos_actual → [pto_actual_1, pto_actual_2, pto_actual_3]

Significa que los puntos 1 y 3 están presentes en ambas imágenes (anterior y actual) y se han movido respecto a su posición anterior. Esta es la base para analizar si un coche nos está adelantando.

Para obtener el módulo y el ángulo de dichas líneas rectas se emplearán unas funciones matemáticas muy básicas:

// Ángulo del movimiento con respecto al eje de las "x"

$\text{Ángulo} = \text{atan}^{-1}(\text{pto_anterior}.y - \text{pto_actual}.y / \text{pto_anterior}.x - \text{pto_actual}.x);$

// Hipotenusa del triángulo formado por los puntos "x", "y"

$\text{Módulo} = \sqrt{(\text{pto_anterior}.x - \text{pto_actual}.x)^2 + (\text{pto_anterior}.y - \text{pto_actual}.y)^2}$



Figura 4.3: Ángulo e Hipotenusa de puntos en imágenes consecutivas

Y se considerará que hay posibilidad de adelantamiento de coche si se cumplen los intervalos definidos para al menos 3 puntos característicos de los analizados.



Figura 4.4: Resultado de análisis de Lucas & Kanade

4.1.5.- Análisis Haar-Like en cascada

Si nos basamos únicamente en la salida del algoritmo de Lukas&Kanade solo es posible determinar cuándo se produce movimiento en la dirección y sentido deseados, no cuando realmente estamos siendo adelantados.

Por ejemplo, cuando el coche gira a la izquierda, la detección por parte del algoritmo resulta positiva, aunque no hubiera ningún coche a su alrededor.

Por este motivo, se hace necesaria la presencia de un segundo algoritmo que determine cuándo se encuentra un coche en la región de interés. Este algoritmo se aplicará en el caso de que el análisis de Lucas & Kanade resulte positivo.

El algoritmo elegido para ello es el algoritmo es el Haar-like en cascada.

Dicho algoritmo fue inicialmente propuesto por Paul Viola y mejorado por Rainer Lienhart. El algoritmo (o clasificador) en cuestión consiste en reconocer formas de un objeto en particular, (en este caso la parte trasera de un coche) llamados ejemplos

positivos, que son escalados al mismo tamaño (por ejemplo 200x200). Para determinar que el ejemplo positivo es válido, se ha aplicado el algoritmo a cientos de imágenes de otras formas, llamadas ejemplos negativos.

El clasificador puede ser aplicado a una región de interés de una imagen de entrada y genera un “1” si es probable que la región contenga el objeto (el coche) y un “0” en caso contrario.

La palabra “cascada” significa que el clasificador resultante consiste en varios clasificadores más simples (etapas) que son aplicados subsiguientemente a la región de interés hasta que en alguna etapa el candidato es rechazado o se pasaron todas las etapas.

Las características Haar-like son la entrada para los clasificadores básicos. El algoritmo usa las siguientes características:

- a) características de borde (edge features)
- b) características de línea (line features)
- c) características de centro y alrededores (center-surround features)

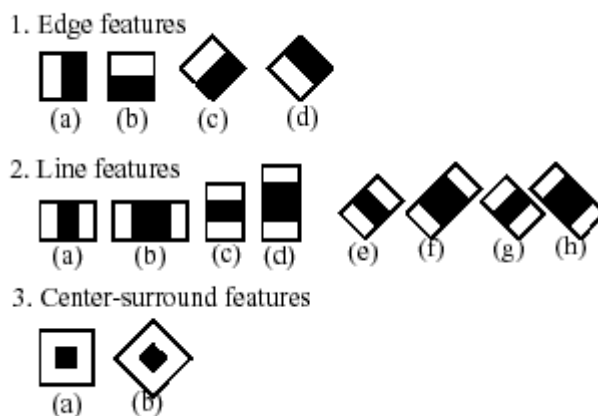


Figura 4.5: Características de algoritmo de Haar-Like

Las principales funciones OpenCV para implementar este algoritmo son las siguientes:

- `CvHaarClassifierCascade * cvLoadHaarClassifierCascade(const char* directory, CvSize orig_window_size)`

Con esta función se crea el clasificador a aplicar. En la ruta definida por *directory* debe encontrarse el archivo .xml a emplear.

- `CvSeq * cvLoadHaarClassifierCascade(const CvArr *image, CvHaarClassifierCascade *cascade, CvMemStorage storage, double scale factor = 1)`

En los parámetros se indican la imagen a analizar y el clasificador a emplear. La salida de la función es una variable de tipo `*CvSeq`. Este tipo de dato tiene una variable denominada *total*, que si tiene el valor “1” significa que se ha reconocido el patrón en la imagen.

4.1.6.- Ajustes a realizar para obtener los resultados esperados

Según se comprobó en el proyecto “Fusión sensorial para detección de adelantamientos de vehículos”, la aplicación conjunta de estos algoritmos no reconoce siempre los coches.

Parece corregir este problema existen tres posibilidades:

- Modificar el tamaño de la región de interés
- Modificar el número de puntos a obtener en la región de interés
- Preprocesar imágenes antes de ser analizadas.

Las dos primeras opciones no arrojaron mejoras en el resultado de detección, siendo la tercera posibilidad junto con un seguimiento de la información de instantes previos como se consigue una efectividad muy elevada.

Preprocesamiento de imágenes

Con el preprocesamiento de imágenes se pretende encontrar una combinación de brillo y contraste con la que el algoritmo de Haar-Like detecte siempre los coches, ya que se comprobó que no se detecta algunos coches en función de la tonalidad de los mismos.

Un operador de procesamiento de imágenes general es una función que toma una o más imágenes de entrada y produce una imagen de salida.

Nosotros vamos a emplear una transformación de píxel, de forma que el valor de cada píxel de salida dependa sólo del correspondiente valor del píxel de entrada, ajustando así el brillo y el contraste de la imagen.

Para ello, vamos a transformar la imagen mediante multiplicación (α , contraste o ganancia) y adición con una constante (β , brillo o sesgo).

$$g(x) = \alpha f(x) + \beta$$

Se debe pensar entonces en $f(x)$ como los píxeles de la imagen origen y en $g(x)$ como los píxeles de la imagen de salida. Entonces, traduciendo la imagen a píxeles,

Detección de vehículos en entornos viarios

la expresión anterior se puede escribir como:

$$g(x) = \alpha f(i, j) + \beta$$

Donde i y j indican que el píxel se encuentra en la fila i y la columna j .

En la siguiente imagen se muestra a modo de ejemplo la transformación de una imagen empleando $\alpha = 2.2$ y $\beta = 50$:

Tras varias pruebas se ha llegado a la conclusión de que no existe ninguna combinación de brillo y contraste que permitiera detectar el 100% de los coches: combinaciones de brillo alto y contraste alto permiten detectar los coches oscuros y de tonalidad intermedia, pero no los coches claros. Del mismo modo, combinaciones de brillo bajo y contraste alto permiten detectar los coches claros y algunos de tonalidad intermedia, pero no los oscuros

Por lo tanto, se ha tomado como solución utilizar el algoritmo de detección de objetos de Haar-Like transformando la imagen a analizar en imágenes de...

- Brillo bajo y contraste alto ($\alpha = 1$ y $\beta = 5$)
- Brillo y contraste altos ($\alpha = 6$ y $\beta = 5$)



Figura 4.6: Imagen transformada con brillo bajo y contraste elevado



Figura 4.7: Imagen transformada con brillo y contraste elevados

Seguimiento de la información de instantes previos

La combinación del algoritmo de Lucas & Kanade junto con el doble algoritmo de detección de Haar-Like hace que la aplicación ofrezca unos resultados bastante fiables. No obstante, siguen detectándose los siguientes inconvenientes:

- Se detectan muchos falsos positivos.
- La detección de adelantamientos resulta muy intermitente.

Para solucionar estos problemas, hay que recurrir a técnicas de seguimiento, utilizando la información previa en cada instante. Se observa que en muy escasas ocasiones se producen errores en dos instantes consecutivos.

Detección de vehículos en entornos viarios

Por todo ello, en el proyecto “Fusión sensorial para detección de adelantamientos de vehículos” se propusieron dos soluciones:

- Para eliminar los falsos positivos:

Crear un contador para determinar que se está produciendo adelantamiento sólo cuando se reciben 2 positivos consecutivos.

- Para eliminar la detección intermitente:

Crear un contador para determinar que un positivo se conserve durante 15 instantes consecutivos.

4.1.7.- Resultado de detección de movimiento

En el caso de que el análisis del adelantamiento sea positivo se mostrará un círculo de color negro en la esquina superior izquierda de la pantalla de visualización integrada en el coche.

Para ello se emplea la función *void circle(Mat& img, Point center, int radius, const Scalar& color, int thickness=1, int lineType=8, int shift=0)*



Figura 4.8: Resultado del sistema: círculo indica que hay adelantamiento

4.2.- Diseño técnico de la aplicación

En este apartado se va a explicar la estructuración del código fuente en archivos de cabecera y de código junto con el diagrama de flujo de la aplicación relacionando los pasos del diagrama con las funciones desarrolladas.

4.2.1.- Diagrama de flujo de la aplicación

El diagrama del programa quedaría como se muestra a continuación:

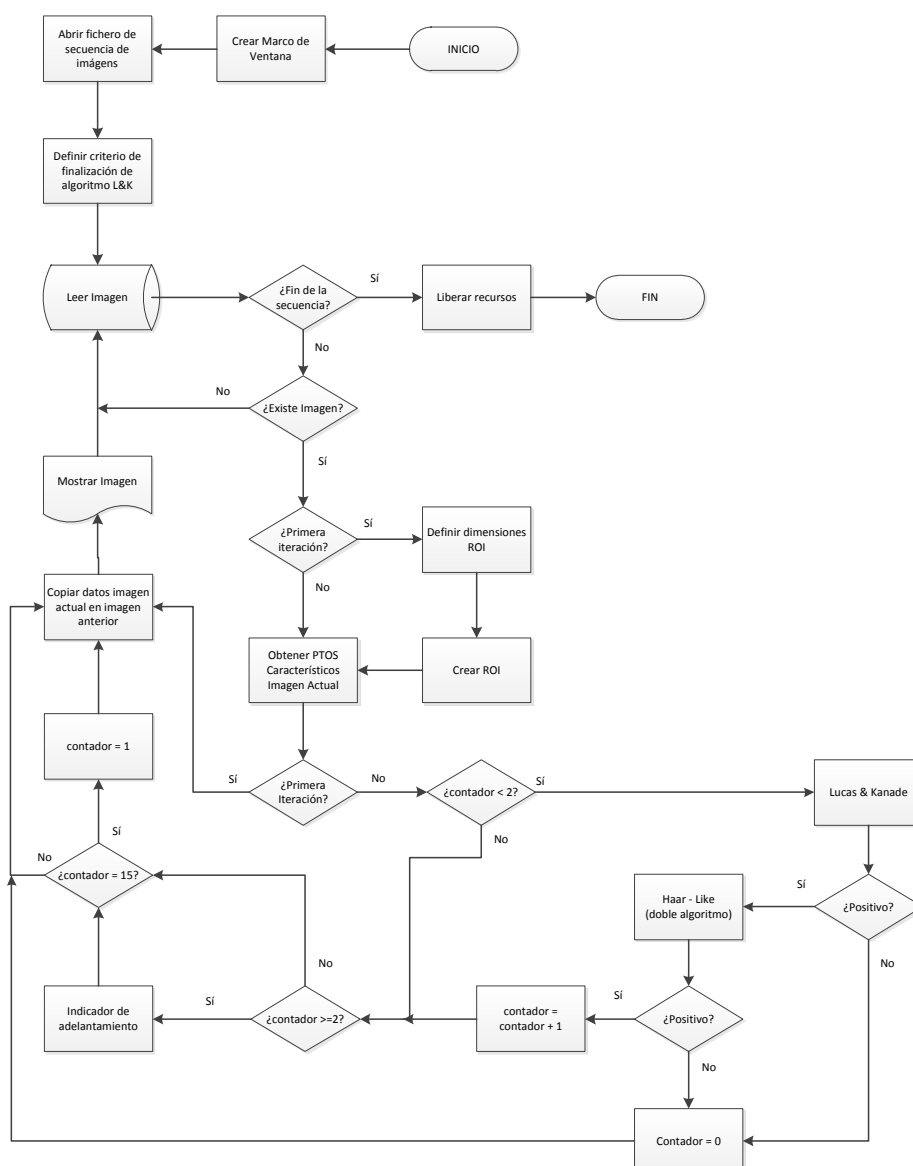


Figura 4.9: Diagrama de flujo de la aplicación

4.2.2.- Estructura de código

El código fuente se ha estructurado en archivos de encabezado y de código fuente atendiendo a la funcionalidad de las funciones que contienen. No se incluye el código fuente de cada una de las funciones ya que éste se incluye como anexo a la memoria.

La aplicación consta de los siguientes archivos:

- constantes.h

En este archivo se incluyen todas las constantes utilizadas por el resto de funciones.

- librerías_comunes.h

En este archivo se encuentran las inclusiones de librerías estándar de C/C++ necesarias.

- FlowMotion.cpp

Archivo que contiene el método *main* en el que se desencadena toda la lógica del análisis a realizar.

- fichero.h / fichero.cpp

En estos archivos se encuentran funciones relacionadas con la lectura y escritura de archivos de texto.

- imagen.h / imagen.cpp

En estos archivos se encuentran funciones relacionadas con el tratamiento de imágenes.

- movimiento.h / movimiento.cpp

En estos archivos se encuentran funciones relacionadas con los distintos algoritmos de análisis explicados anteriormente.

FlowMotion.cpp

Este archivo contiene la función *main* que desencadena toda la lógica de la aplicación.

```
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    // 1.- Crear Marco de ventana
    // 2.- abrir fichero de índice de secuencia de imágenes
    // 3.- abrir fichero de resultados positivos (fichero de salida)
    // 4.- definición del criterio de finalización del algoritmo piramidal (constante)
    // 5.- bucle (hasta final de secuencia de imágenes)
        // 5.1.- lectura fila por fila del fichero de índice de secuencia de movimiento
        // 5.2.- cargar imagen
        // Si existe imagen...
            // 5.3.- Se crea la imagen actual en función de la imagen leída del fichero
            // 5.4.- Primera iteración
                // 5.4.1.- definición de la región de interés
                // 5.4.2.- crear imagen región de interés
            // 5.5.- se obtienen los puntos a tratar de la imagen actual
            // 5.6.- Segunda o posterior iteración
                // 5.6.1.- Si contador_positivos < 2:
                    // Análisis Piramidal Likas&Kanade
                    // Resultado positivo:
                        // Análisis Like-Haar (doble algoritmo)
                        // Si resultado positivo:
                            // Se incrementa contador
                        // Si resultado negativo:
                            // contador = 0
                    // Resultado negativo:
                        // contador = 0
                // 5.6.2.- Si contador >= 2
                    // dibujar círculo
                // 5.6.3.- Si contador = 15
                    // contador = 1
            // 5.7.- se copian datos imagen a datos imagen anterior
            // 5.8.- se muestra la imagen actual
    // 6.- liberación de recursos
}
```

fichero.h / fichero.cpp

En estos ficheros se encuentran las funciones que tienen relación con la lectura y escritura de archivos:

```
FILE* abrir_fichero_modo_lectura(char *archivo) {  
    // devuelve un puntero a un objeto de tipo FILE que representa al archivo  
    // abierto en modo lectura  
}  
  
void leer_ruta_imagen_actual(FILE *fichero_secuencia_imagenes, char *imagen) {  
    // devuelve en el parámetro imagen el nombre de la imagen  
}
```

imagen.h / imagen.cpp

Aquí se encuentran las funciones relacionadas con el tratamiento de imágenes, ya sea para carga de imágenes a partir de los archivos .tiff como para incrustar formas y letras en otras imágenes.

```
void crear_marco_de_ventana() {  
    // creación de una ventana en la que se insertarán las imágenes  
}  
  
void mostrar_imagen(IplImage *imagen) {  
    // mostrar una imagen en el marco creado  
}  
  
void limpiar_imagen(IplImage *imagen_opencv) {  
    // limpiar y liberar el recurso que representa a la imagen  
}  
  
IplImage* cargar_imagen(char *ruta_completa_imagen_a_cargar) {  
    // crear una imagen a partir de la ruta  
}  
  
IplImage* crear_imagen(IplImage *imagen_referencia_opencv) {  
    // crear una imagen vacía del tamaño de la de referencia  
}  
  
IplImage* copiar_imagen (IplImage *imagen_origen_opencv) {  
    // copiar una imagen en otra  
}  
  
CvRect definir_dimensiones_region_de_interes (IplImage *imagen_opencv) {  
    // definición de dimensiones de la región de interés (roi)  
}
```

```
IplImage *crear_imagen_region_de_interes(IplImage *imagen_opencv, CvRect  
    roi_aux) {  
    // crear la imagen que representa la región de interés  
}
```

```
void dibujar_circulo (IplImage *imagen_opencv) {  
    // dibuja un círculo dentro de otra imagen  
}
```

movimiento.h / movimiento.cpp

Contienen las funciones relacionadas con el análisis y detección de adelantamiento:

```
CvTermCriteria definir_criterio_finalizacion_algoritmo_PyrLK() {  
    // definición del criterio de finalización del algoritmo piramidal de Lucas y  
    // Kaande  
}  
  
void obtener_puntos_a_tratar(IplImage *imagen_opencv, IplImage *imagen_roi, int  
    *numero_puntos, CvPoint2D32f *ptos)  
{  
    // obtenemos los puntos a tratar, se devuelven en el parámetro puntos  
}  
  
void analisis_piramidal_lucas_kaanade (IplImage *imagen_previa, IplImage  
    *imagen_actual, CvPoint2D32f *ptos_previa, CvPoint2D32f *ptos_actual, int  
    numero_puntos, CvTermCriteria criterio_finalizacion_PyrLK, char *salida)  
{  
    // se inicializan las pirámides para el análisis  
    // función de opencv que realiza el análisis -> cvCalcOpticalFlowPyrLK  
}  
  
bool analisis_resultado_algoritmo(int numero_puntos, CvPoint2D32f *ptos_previa,  
    CvPoint2D32f *ptos_actual, char *resultado_algoritmo)  
{  
    // Se analizan los resultados del algoritmo de Lucas&Kaanade  
    // Posible movimiento si...  
    // a.- El módulo de la línea recta que forman las posiciones iniciales y final del  
        punto (pto_previa_1 ? pto_actual_1) es mayor que 5  
    // b.- El ángulo en radianes con la horizontal esté comprendido en el intervalo  
        [2,75°, 3,15°]  
}
```

```

bool analisis_detecta_coche_haar_like_cascada_xml (IplImage *imagen_analisis,
CvRect roi)
{
    // 1.- cargar clasificador -> cvLoadHaarClassifierCascade
    // 2.- transformar imagen para aumentar brillo y contraste
    // 3.- analizar imagen -> cvHaarDetectObjects
    // Si hay resultado positivo:
    // 4.- transformar imagen para disminuir brillo y contraste
    // 5.- analizar imagen -> cvHaarDetectObjects
}
    
```

4.2.3.- Relación entre librerías y diagrama de flujo de la aplicación

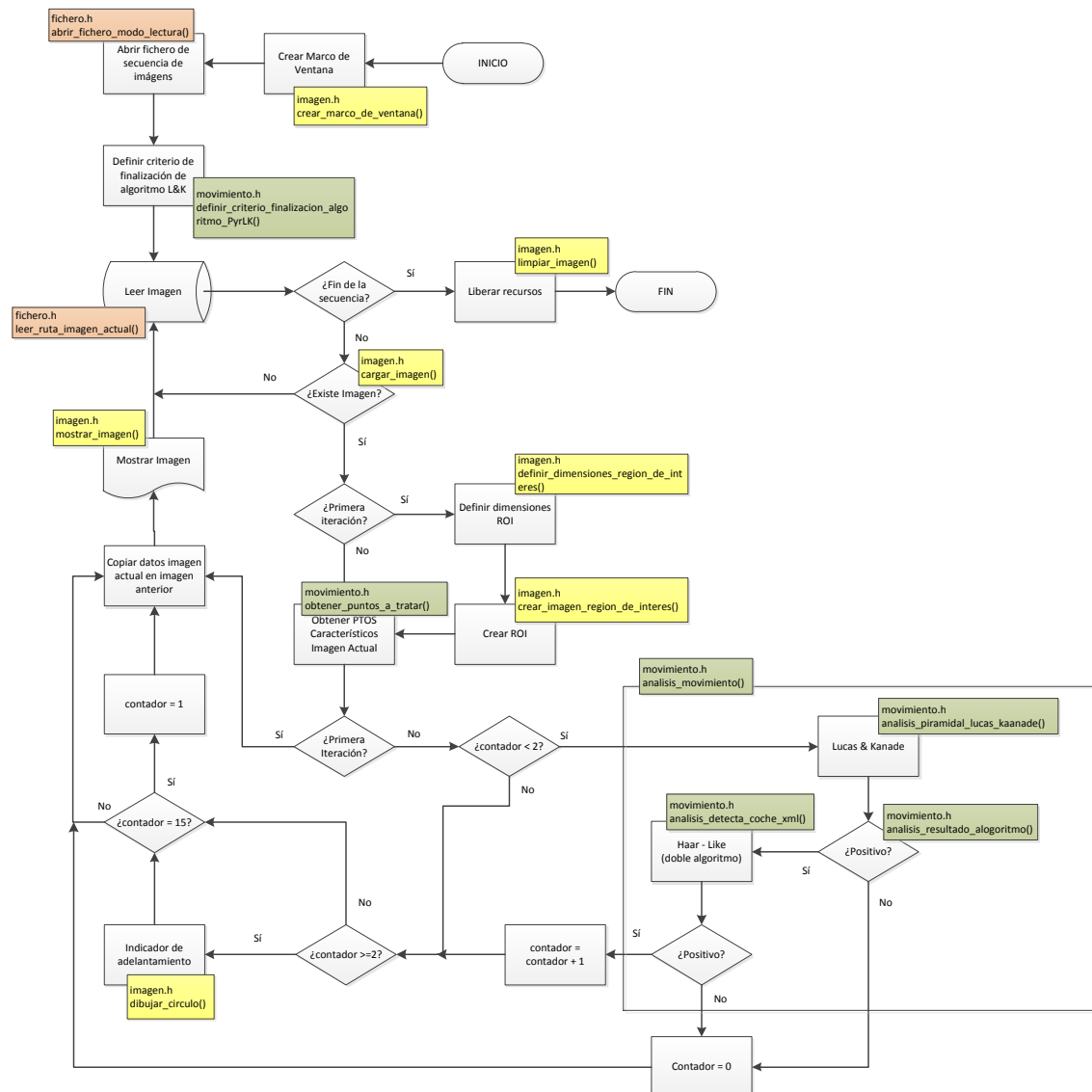


Figura 4.10: Diagrama de flujo de la aplicación y relación con librerías

4.3.- Librerías para trabajar con otros dispositivos

Como se verá posteriormente en el apartado de futuras ampliaciones, es posible mejorar los resultados de la detección incluyendo algún otro algoritmo en base a la información que puedan proporcionar otros dispositivos. Por ejemplo, lecturas de láser o de un GPS.

Junto con el código fuente se van a entregar algunas librerías que permiten trabajar con las lecturas de estos dispositivos de la forma más genérica posible, teniendo en cuenta que el resultado de estas lecturas son archivos de texto plano y siguen una nomenclatura similar a la de los archivos de secuencia de imágenes (el nombre del archivo incluye el instante de la lectura).

Además, en los anexos se incluirán dos programas de ejemplo en el que se leen estos archivos y se muestra la información en la imagen que se carga en la pantalla de visualización.

instante_lectura.h / instante_lectura.cpp

Como se comentaba anteriormente, los nombres de los archivos de lecturas del láser y del GPS incluyen el instante en el que se realizó la lectura. Con las funciones incluidas en estos archivos se convierte el nombre del archivo a una estructura de tipo *instante_lectura* y se permiten comparar dos instantes para saber si uno es anterior, posterior o es el mismo instante que otro.

Con estas funciones no es necesario acceder a un archivo de índice ni similar, ya que si tenemos dos imágenes:

Imagen_1 → Instante_1
Imagen_2 → Instante_2

Se buscarán las lecturas de láser/GPS incluidas en el intervalo (Instante_1, Instante_2].

La definición de la estructura *instante_lectura* es la siguiente:

```
struct instante_lectura{
    short dia;
    short mes;
    short anho;
    short hora;
    short min;
    short seg;
    short miliseg;
};
```

Las funciones incluidas son las siguientes:

```
instante_lectura obtener_instante_lectura (char* secuencia) {  
    // transforma el nombre del archivo de lectura en una variable de tipo  
    // instante_lectura (válido para archivos de imágenes, láser y GPS)  
}  
  
bool es_anho_bisiesto(short anho) {  
    // devuelve true si el valor recibido por parámetro se corresponde a un año bisiesto  
}  
  
short obtener_numero_maximo_dias_según_mes (short mes, short anho) {  
    // devuelve el número de días asociados al mes y año indicado  
    // el año es necesario para el caso de febrero y años bisiestos.  
}  
  
instante_lectura sumar_milisegundos_instante_lectura (instante_lectura instante, short  
    milisegundos) {  
    // devuelve el resultado de sumar una cantidad de milisegundos a un  
    // instante_lectura  
}  
  
short comparar_instante_lectura (instante_lectura t1, instante_lectura t2) {  
    // función que compara dos variables de tipo instante_lectura t1 y t2  
    // Valor de retorno:  
    // 1 -> si t1 > t2  
    // 0 -> si t1 = t2  
    // -1 -> si t1 < t2  
}
```

ficheros.h / fichero.cpp

Se añade una nueva función a esta librería:

```
void generar_nombre_fichero_lectura_dispositivo (instante_lectura instante, char  
*nombre_fichero, char *tipo_dispositivo)  
{  
    // genera el nombre del archivo de lectura (en función del dispositivo indicado)  
    // asociado a instante  
}
```


dispositivo_laser.h / dispositivo_laser.cpp

En estos archivos se encuentran las funciones para trabajar con los datos de las lecturas del láser a partir de los archivos que las representan.

Se ha creado una estructura *lectura_laser* que está definida como se muestra a continuación y que está preparada para trabajar con la información que ha devuelto un láser ya incorporado en el vehículo IVVI 2.0:

```
struct datos_lectura_laser {  
    int campo_1;  
    int campo_2;  
    int campo_3;  
    int campo_4;  
    int campo_5;  
    double campo_6;  
    double campo_7;  
    double campo_8;  
    double campo_9;  
    double campo_10;  
    double campo_11;  
    double campo_12;  
    double campo_13;  
    double campo_14;  
    double campo_15;  
    double campo_16;  
    int campo_17;  
    int campo_18;  
    int campo_19;  
    int campo_20;  
};
```

Las funciones incluidas en estas librerías son las siguientes:

```
void mostrar_datos_lectura_laser (instante_lectura instante_anterior, instante_lectura  
    instante_actual, IplImage *imagen)  
{  
    // busca fichero de secuencias en intervalo (instante_anterior, instante_actual]  
    // lee los datos  
    // transforma las líneas de texto en variables de tipo datos_lectura_laser  
    // inserta el texto correspondiente en la imagen  
}  
  
datos_lectura_laser transformar_linea_texto_en_datos_lectura_laser    (char  
    *lectura_laser)  
{  
    // transforma las líneas de texto en variables de tipo datos_lectura_laser  
}
```

```
void pintar_datos_laser(datos_lectura_laser datos_laser, IplImage *imagen) {  
    // escribe los datos de la lectura sobre la imagen  
}
```

dispositivo_gps.h / dispositivo_gps.cpp

Para el GPS se ha creado una estructura *lectura_gps* que está definida como se muestra a continuación:

```
struct lectura_gps {  
    double pitch;  
    double yaw;  
    double roll;  
    double vx;  
    double vy;  
    double vz;  
    double latitud;  
    double longitud;  
    double altura;  
    double acelX;  
    double acelY;  
    double acelZ;  
    double velocidad_angular_pitch;  
    double velocidad_angular_roll;  
    double velocidad_angular_yaw;  
};
```

Las funciones incluidas en estas librerías son las siguientes:

```
void mostrar_datos_lectura_gps (instante_lectura instante_anterior, instante_lectura  
    instante_actual, IplImage *imagen)  
{  
    // busca fichero de secuencias en intervalo (instante_anterior, instante_actual]  
    // lee los datos  
    // transforma las líneas de texto en variables de tipo datos_lectura_gps  
    // inserta el texto correspondiente en la imagen  
}  
  
datos_lectura_gps transformar_linea_texto_en_datos_lectura_gps      (char  
    *lectura_gps)  
{  
    // transforma las líneas de texto en variables de tipo datos_lectura_gps  
}  
  
void pintar_datos_gps(datos_lectura_gps datos_gps, IplImage *imagen) {  
    // escribe los datos de la lectura sobre la imagen
```

}

Y además, para dibujar los valores de las lecturas sobre la imagen, se va a incluir una nueva función en la librería *imagen.h*:

imagen.h / imagen.cpp

```
void dibujar_texto (IplImage *imagen_opencv, char *texto, short linea_texto) {  
    // dibuja el texto en la posición del eje "y" definida por linea_texto  
}
```

A modo de ejemplo de empleo de las librerías anteriores, se ha desarrollado un programa auxiliar que emplea estas funciones con el objetivo de mostrar los valores de las lecturas sobre las propias imágenes.

Cuando se ejecuta este programa, lo primero que se muestra un menú para seleccionar los datos a mostrar:

```
*****  
****      Flow Motion II - Datos laser / GPS      ****  
*****  
  
Seleccione una opcion:  
1.- Mostrar lectura laser.  
2.- Mostrar lectura GPS.  
3.- Salir.
```

Figura 4.11: Aplicación de prueba para mostrar lecturas de láser y GPS

Detección de vehículos en entornos viarios

Cuando se ejecuta el programa para visualizar el contenido de los archivos de lecturas del láser se obtienen imágenes como la siguiente:



Figura 4.12: Imagen con información de lectura de láser

La primera línea se corresponde al nombre del archivo, la siguiente línea indica a qué objeto de los detectados por el láser se hace referencia, y el resto de valores son los de los distintos campos de la lectura.

El contenido del archivo “2.2.2012.h12.m29.s19.562.sec.las” es el siguiente (en negrita se indican los datos correspondientes al objeto 5):

```
64 2 2 1996517877 1 3.87 7.63 3.41 7.25 3.64 7.44 0.22 0.46 0.38 0532 0146 0179
0108 ; 64 2 2 1996517877 1 0.99 2.87 0.62 2.56 0.80 2.72 0.23 0.37 0.31 0231 0086
0369 0254 ; 64 2 2 1996517877 1 2.03 10.11 1.54 9.82 1.79 9.97 0.19 0.49 0.29
0355 0159 0139 0103 ; 64 2 2 1996517877 1 1.03 28.13 0.93 27.82 0.98 27.97 0.23
0.09 0.31 0320 0185 0055 0030 ; 64 6 6 1996517877 1 -7.51 50.54 -8.10 49.97 -7.80
50.26 0.00 0.59 0.57 0181 0192 0032 0025 ; 64 2 2 1996517877 1 8.88 21.25 8.79
20.81 8.83 21.03 0.22 0.09 0.44 0601 0180 0071 0038 ;
```

Detección de vehículos en entornos viarios

Cuando se ejecuta el programa para visualizar el contenido de los archivos de lecturas del láser se obtienen imágenes como la siguiente:



Figura 4.13: Imagen con información de lectura de GPS

La primera línea se corresponde al nombre del archivo y el resto son los valores de la lectura.

El contenido del archivo “2.2.2012.h12.m29.s15.921.sec.gps” es el siguiente:

```
1.007051 -99.808914 -4.904344 0.164579 0.060734 0.052144 40.358135 -3.744059  
686.140625 0.398975 0.433465 -0.774664 0.011796 -0.010326 0.029727 0.000000  
0.000000
```

Capítulo 5

Resultados, conclusiones y ampliaciones futuras

Detección de vehículos en entornos viarios

La aplicación no supone mejoras en los resultados obtenidos en el proyecto que ha servido de base a éste. Se mantienen por lo tanto la eficacia de detección de adelantamientos según la vía:

En autopistas, autovías y carreteras convencionales, el funcionamiento de la aplicación es realmente bueno: la detección de adelantamientos es muy elevada (cerca del 99%), y el porcentaje de falsos positivos es escaso.

En vías urbanas, el funcionamiento de la aplicación no es tan bueno, ya que aunque el porcentaje de adelantamientos detectados es igualmente elevado (en torno al 98%), el número de falsos positivos es mayor.

En cualquier caso, el principal objetivo de la aplicación es evitar los accidentes por salida de vía y colisión lateral, los cuales se producen principalmente en carreteras convencionales, por lo que la aplicación es realmente útil para el objetivo para la cual se ha diseñado.

Además se ha desarrollado un software mejor estructurado, fácilmente mantenible, escalable y ampliable.

Como trabajos futuros, es posible conseguir una mejora de la aplicación añadiendo algún otro algoritmo de detección o algún otro sensor en el vehículo. Por ejemplo, la incorporación de un telémetro láser o un gps pueden mejorar la precisión de la detección.

En el apartado de diseño de la aplicación se ha explicado cómo utilizar las lecturas que ofrecen estos dispositivos.

Capítulo 6

Presupuesto

6.1.- Presupuesto proyecto inicial “Fusión sensorial para detección de adelantamiento de vehículos”

Coste de material

Concepto	Cantidad	Coste Unitario	Coste Total
Cámara Web Logitech QuickCam Express OEM	1 ud.	30,05 €	30,05 €
Pantalla Xenarc 7" 705YV	1 ud.	256,60 €	256,60 €
Portátil ASUS U30SD-RX137V	1 ud.	705,58 €	705,58 €
Conversor serie USB	1 ud.	14,75 €	14,75 €
Microsoft Visual Studio 2008	1 ud.	250,00 €	250,00 €
TOTAL			1.256,98 €

Coste de personal

Concepto	Cantidad	Coste Unitario	Coste Total
Ingeniero Técnico Industrial	10 meses	1800€ / mes	18.0000 €
TOTAL			18.000 €

Presupuesto total

Concepto	Coste Total
Coste de material	1.256,98 €
Coste de personal	18.000,00 €
TOTAL	19.256,98 €

6.2.- Presupuesto de reingeniería del software

Hay que tener en cuenta que no hay costes materiales, ya que todo el equipo está instalado, por lo que el único coste de esta parte del proyecto sería el coste de personal:

Concepto	Cantidad	Coste Unitario	Coste Total
Ingeniero Técnico Industrial	2 meses	1800€ / mes	3.600 €
TOTAL			3.600 €

Capítulo 7

Bibliografía

Bibliografía consultada para elaborar la introducción:

- Estadísticas de accidentes en España:

<http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/anuario-estadistico-de-accidentes/anuario-accidentes-2013.pdf>

- Evolución sistemas de seguridad e influencia en disminución de accidentes:

http://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/seguridad-vial/jornadas/celebradas/evolucion-sistemas-seguridad-vehiculos.jsp

- Contaminación (incremento y efectos en la salud)

*<http://www.sostenibilidad.com/contaminacion-aire-urbano>
<http://blog.genesis.es/la-evolucion-de-los-coches-en-los-ultimos-40-anos/>*

Bibliografía consultada para elaborar el capítulo de estado del arte:

- Introducción a los sistemas de seguridad activa:

<http://mustzee.com/sistemas-seguridad-activa-coche>

http://comunicacion.volkswagen.es/actualidad/notas-de-prensa/nuevas-tecnologias-de-futuro-para-mejorar-los-sistemas-de-seguridad-activa-del-vehiculo__887-889-c-25140__.html

- Suspensión

<http://www.circulaseguro.com/el-sistema-de-suspension-el-gran-olvidado-de-la-seguridad-activa/>

- Dirección

<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion.htm>

- Neumáticos

<http://www.seguridad-vial.net/vehiculo/seguridad-activa/101-neumaticos>

- Sistema de control de presión de neumáticos (TPMS)

<http://www.circulaseguro.com/que-es-el-tpms-o-control-de-presion-de-los-neumaticos/>

- Sistema de antibloqueo de ruedas ABS

<http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-i-abs>

- Sistema de frenado de emergencia BAS

<http://www.circulaseguro.com/que-es-el-bas/>

<http://www.circulaseguro.com/que-es-el-aeb-o-frenada-de-emergencia-autonoma/>

- Distribución electrónica de frenada

<http://www.endado.com/blog/que-es-y-como-funciona-la-distribucion-electronica-de-frenada/>

- Control de tracción

<http://ww2.autoscout24.es/glosario/control-de-traccion--asr-asp-o-asc/179569/>

- Control de estabilidad ESP

<http://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/4059/esp-o-control-de-estabilidad-que-es-y-para-que-sirve>

<http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-ii-esp>

- Asistente de arranque en pendiente

<http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-v-hac>

- Asistente de descenso

<http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-vi>

- Sistema de detección de ángulo muerto

<http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-11>

<http://www.circulaseguro.com/sistemas-para-evitar-el-angulo-muerto/>

- Cámaras para aumentar el campo de visión del conductor

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-deteccion-en-los-coches-para-evitar-accidentes>

- Sistema avisador de cambio de carril

<http://frenomotor.com/tecnologia/avisador-cambio-de-carril>

- Sistema de reconocimiento de señales de tráfico

<http://www.km77.com/glosario/r/reconsenal.asp>

<http://www.circulaseguro.com/que-es-la-deteccion-de-las-senales-de-trafico/>

- Limitador de velocidad

<http://www.circulaseguro.com/que-es-el-limitador-de-velocidad/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Control_de_velocidad

- Regulador activo de Velocidad (ACC)

<http://www.circulaseguro.com/que-es-el-acc-o-regulador-activo-de-velocidad/>

<http://www.motorzoom.es/mundo-auto/articulo/acc-o-regulador-activo-de-velocidad-que-es-y-como-funciona-video/38611/>

- Iluminación

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-iluminacion-avanzados-en-coches>

- Sistema de encendido automático de las luces

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-iluminacion-avanzados-en-coches>

- Faros orientables

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-iluminacion-avanzados-en-coches>

- Faros adaptables automáticos

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-iluminacion-avanzados-en-coches>

- Sistemas de visión nocturna

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-iluminacion-avanzados-en-coches>

- Sensor de lluvia

<http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-viii>

- Percepción de los alrededores del vehículo

http://comunicacion.volkswagen.es/actualidad/notas-de-prensa/nuevas-tecnologias-de-futuro-para-mejorar-los-sistemas-de-seguridad-activa-del-vehiculo__887-889-c-25140__.html

- Reconocimiento nocturno de peatones

<http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/bmw-dynamic-light-spot-reconocimiento-de-peatones-nocturno>

- Sistemas de reconocimiento de objetos

<http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-deteccion-en-los-coches-para-evitar-accidentes>

- Detección de sueño o falta de atención al volante

<http://www.circulaseguro.com/sistemas-de-deteccion-de-la-fatiga-y-falta-de-concentracion-al-volante/>

- Sistemas de ayuda al aparcamiento

<http://www.circulaseguro.com/dispositivos-de-ayuda-al-aparcamiento-13/>

<http://www.circulaseguro.com/dispositivos-de-ayuda-al-aparcamiento-23/>

<http://www.circulaseguro.com/dispositivos-de-ayuda-al-aparcamiento-33/>

- Sistemas de comunicación entre coches para aviso y alerta

http://www.elconfidencialdigital.com/la_buena_vida/motor/invento-reducir-accidentes-indentificacion-GPS_0_2448355167.html

<https://www.tecnocarreteras.es/2012/02/18/v2v-y-v2i-coches-totalmente-conectados-con-su-entorno/>

<https://www.tecnocarreteras.es/2012/11/01/sistema-de-comunicacion-car-to-x/>

<http://www.diariomotor.com/tecmovia/2013/07/25/coches-que-hablan-con-los-semaforos-la-apuesta-de-audi-en-car-to-x/>

- Integración vehículos con Smartphone

http://stopchatear.com/Informe_RACE-BP-CASTROL_Uso-de-las-redes-sociales-en-la-conduccion.pdf

<http://www.xataka.com/automovil/tecnologia-para-el-coche-integracion-de-smartphones-y-tablets>

<http://blog.qualitasauto.com/smartphones-coches-integracion/>

Bibliografía consultada para elaborar el capítulo de descripción del sistema propuesto:

- Algoritmo de Lukas&Kanade:

<http://opencvjaveriana.wikispaces.com/file/view/Anexo+4+Algoritmo+De+Flujo+Optico.pdf>

- Algoritmo Haar-Like:

http://docs.opencv.org/modules/objdetect/doc/cascade_classification.html

- Funciones de OpenCV:

<http://docs.opencv.org/>

